

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

NETRADIČNÍ KONCEPCE MOTOCYKLŮ NON-TRADITIONAL MOTORCYCLE CONCEPTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VÍT BREZANSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MARTIN BERAN

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Vít Brezanský

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Netradiční koncepce motocyklů

v anglickém jazyce:

Non-traditional Motorcycle Conception

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Proveďte rešerši současných motocyklových koncepcí. Vyberte motocyklové koncepce, které nejvíce reprezentují současný stav. Tyto porovnejte s vybranými konstrukčními řešeními, která jsou dnes ojedinělá, nebo jinak výrazně odlišná od tradičních řešení.

Cíle bakalářské práce:

Získání přehledu o zadané problematice. Stanovení základních technických parametrů, podle kterých lze jednotlivé motocyklové koncepce navzájem porovnat a provést výsledné zhodnocení.

Seznam odborné literatury:

- 1] Rauscher, J.: Vozidlové motory, studijní opory, FSI VUT Brno 2003
- [2] Vlk, F.: Vozidlové spalovací motory, Nakladatelství a vydavatelství Vlk, Brno 2003
- [3] International Engine of the Year Awards, web page [online], 2010, poslední revize 12.10.2010.
Dostupné z: <http://www.ukipme.com/engineoftheyear/>

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Beran

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 2.11.2010

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Cílem práce je představit některé zajímavé a netradiční koncepce motocyklů ze současnosti i z let minulých. U každé části jsou popsány důvody, které vedly výrobce těchto motocyklů k návrhu a konstrukci mnohých, z dnešního pohledu možná i nesmyslných koncepcí. Ne všechny však upadly v zapomnění a některé z nich sbíraly úspěchy na silnicích i na závodních tratích, některé snad čekají úspěchy za pár let. Každá část dále obsahuje popis konstrukce a funkce a na závěr je provedeno zhodnocení jednotlivých řešení z hlediska jejich opodstatnění, provedení, počtu prodaných kusů, případně výsledků ze závodních tratí.

KLÍČOVÁ SLOVA

motocykl, spalovací motor, podvozek, řízení, brzdy

ABSTRACT

The goal of the thesis is to introduce some interesting and non-traditional conceptions of motorcycles from the present and also from previous years. In every part reasons are described that led producers of these motorcycles to design conceptions that might be perceived as almost absurd. However not every one of them was forgotten and some succeeded on the roads and race tracks, others will be perhaps successful in a few years. Every part also includes a description of the construction and function followed by the assessment of individual solutions according to their justification, realization, number of pieces sold or race results.

KEYWORDS

motorcycle, internal combustion engine, chassis, steering, brakes



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BREZANSKÝ, V. Netradiční koncepce motocyklů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 47 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Martin Beran



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Martina Berana a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 16. května 2011

.....

Vít Brezanský



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Ing. Beranovi za poskytnutí konzultací a odbornou pomoc při tvorbě této práce.



OBSAH

Úvod.....	9
1 Netradiční koncepce motorů.....	10
1.1 Megola – Rotační motor.....	10
1.1.1 Rotační motor	10
1.1.2 Megola	12
1.2 Foggy Petronas FP-1 – motor se zakloněnými válci.....	14
1.3 Honda NR – motor s oválnými písty.....	16
1.4 Norton NRV 588 – Wankelův motor	20
1.4.1 Wankelův motor	20
1.4.2 Norton NRV 588.....	22
1.5 Desmodromický rozvod.....	25
2 Netradiční koncepce podvozků.....	29
2.1 Bimota Tesi 3D – řízení rejdrovým čepem	29
2.2 Suzuki TL1000S – zadní rotační tlumič nárazů	31
3 Další netradiční koncepce motocyklů.....	36
3.1 Buell	36
3.2 Výfukové systémy.....	37
3.2.1 Funkce a konstrukce výfukových systémů	37
3.2.2 Umístění tlumičů výfuku	39
Závěr	42
Seznam obrázků.....	47



ÚVOD

Práce je rozdělena na kapitoly věnující se motorům, podvozkům a na závěr dalším oblastem konstrukce motocyklů. Některé zde předvedené koncepce byly převzaty z letadel, jiné z automobilů, ale většina z nich vzešla z fantazie jejich tvůrců. Důvody vzniku představených koncepcí jsou různé. Na počátku motorismu se zkoušela různá řešení konstrukce motocyklů, ale i automobilů, letadel atd. a jejich použití nebylo omezeno pouze na kategorii, pro kterou primárně vznikla (např. rotační motor). I v dnešní době běžně používané koncepce mají stále své nedostatky, které se v minulosti daly obejít pouze kompletně jinou konstrukcí. Díky současným materiálům, přesnosti výroby a montáže, kvalitnějším palivům apod. se tyto problémy podařilo eliminovat na únosnou mez. Jako příklad může sloužit řízení motocyklů rejdovým čepem (Bimota Tesi), které řeší nedostatky klasických teleskopických vidlic. Těch je poměrně velké množství, ale při pohledu na současnou motocyklovou produkci nelze kromě několika málo výjimek pozorovat jiný způsob vedení, pružení a tlumení předního kola. Nejvíce používaná řešení je možno považovat za kompromis vynaložených nákladů a prodejních výsledků, výhod a nevýhod při samotné funkci apod. Cílem této práce je představit netradiční koncepce motocyklů a porovnat je s běžně používanými.

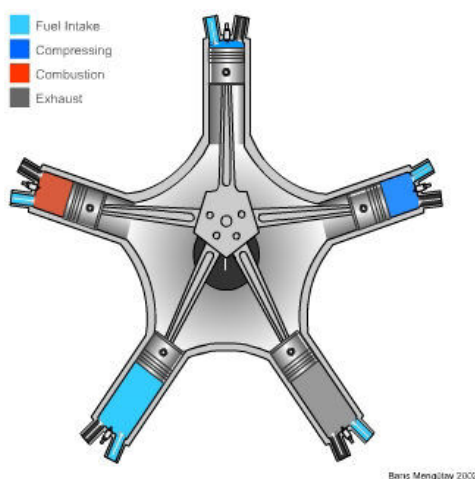


1 NETRADIČNÍ KONCEPCE MOTORŮ

1.1 MEGOLA – ROTAČNÍ MOTOR

1.1.1 ROTAČNÍ MOTOR

Rotační motor je jeden z typů hvězdicových motorů. Jedná se o spalovací motor s válci rozmístěnými pravidelně v kruhu okolo klikové hřídele. Na počátku dvacátého století byl hojně používaným především v letadlech, ale objevil se i v několika automobilech a motocyklech. Na první pohled je rotační typ podobný radiálnímu, ale jejich rozdíly vyplynou na povrch při běhu motoru. Válce radiálního motoru jsou stacionární a rotuje kliková hřídel, zatímco rotující částí u rotačního typu jsou válce a kliková hřídel je pevně spojena s rámem. Tato podkapitola se bude zabývat rotačním motorem, protože tento typ byl využit v motocyklu Megola (viz následující část práce).[1]



Obr. 1.1 Průběh spalovacího cyklu hvězdicového motoru[2]

Rotující válce řešily problémy s nedostatečným chlazením, ale působily na letadlo jako setrvačnick. To sice vede k hladšímu chodu motoru a snižování nežádoucích vibrací, ale také negativně působí na chování letounu. Rotující setrvačnick má tendenci zachovávat polohu osy jeho rotace. V případě natáčení letadla kolem jiné osy, než je osa rotace motoru, se gyroskopický moment snaží vracet motor (a tedy letoun) do původní polohy. Analogicky lze toto působení vztáhnout i na rotační motor umístěný na motocyklu. Postupem doby se zvyšoval výkon i otáčky těchto motorů. Rotující motor klade odpor vzduchu a tento odpor roste se čtvercem rychlosti. Výkonové ztráty se z těchto důvodů pohybují okolo 11 %. Počet válců bylo ve většině případů liché číslo. Při zapalování směsi v každém druhém válci tak bylo zajištěno hladšího chodu. Sudé počty válců byly používány především u dvouřadých typů rotačních motorů.[3]



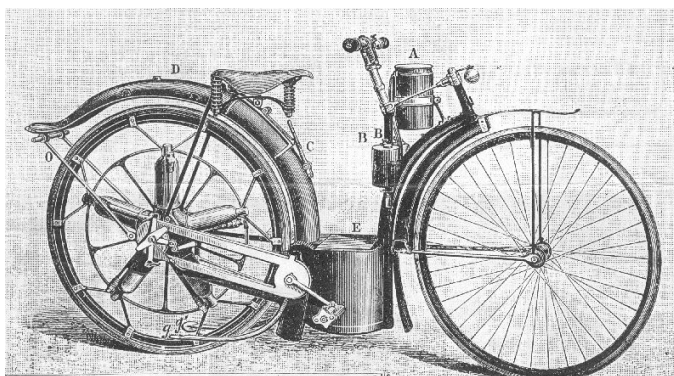
Obr. 1.2 Model hvězdicového motoru[4]

Výhody:[3]

- hladký chod, protože rotující motor se chová jako setrvačnick a snižuje tak vibrace
- lepší chlazení i při nízkých rychlostech vozidla
- dobrý poměr výkon/hmotnost

Nevýhody:[3]

- se zvyšující se hmotností roste i gyroskopický moment
- vyšší spotřeba paliva
- odpor vzduchu při rotaci motoru



Obr. 1.3 Motocykl Millet s rotačním motorem[5]

Francouz Félix Millet byl prvním konstruktérem, který umístil rotační motor do motocyklu (v roce 1888). Nejprve do tříkolky, kterou poháněl pětiválcový motor spalující petrolejové páry. Následoval motocykl se stejným počtem válců, do kterých bylo sací potrubí vedeno dutým nábojem kola, klikovou skříní a následně separátními trubicemi do jednotlivých válců. Zažehnutí směsi obstarávaly zapalovací elektrody napájené proudem z Bunsenova článku



(baterie s elektrolytem tvořeným kyselinou sírovou, kyselinou dusičnou a destilovanou vodou). Tato baterie byla umístěna v nejnižším místě rámu mezi koly. Zadní blatník byl zároveň palivovou nádrží, v jejíž spodní části byl umístěn odpařovací karburátor. Maximálního výkonu 0,8 kW bylo dosahováno při otáčkách 325 min^{-1} . Převod mezi otáčkami motoru a kola byl stálý 1:1. Tento motocykl dosahoval rychlosti až 55 km/h.[5]

1.1.2 MEGOLA

Megola je dílem tří německých inženýrů Meixnera, Gockerella a Landgrafa. Je vybavena pětiválcovým rotačním motorem „vpleteným“ do předního kola. Původní návrh byl motocykl s tříválcovým motorem stejného typu, ale v zadním kole. Později však dostali nápad zvýšit počet válců na pět a umístit ho do předního kola. Toto řešení se již předtím zkoušelo v Británii, kde byl vyroben prototyp Radco, ale tento nápad byl brzy zavrhnut. V roce 1921 se začalo s výrobou prvních cestovních Megol a roku 1923 se dokonce začíná vyrábět závodní verze Sport, kterých se do roku 1925 prodalo 2000 kusů. Tyto dva typy se lišily jinými řídítky a sedlem. Písty pětiválcového motoru pohánějí klikový hřídel, který následně přenáší rotační pohyb na planetovou převodovku a dále přímo na přední kolo. Stejný princip byl používán v letadlech v první světové válce, např. ve Fokkeru Triplane nebo Sopwith Camelu.[6]



Obr. 1.4 Silniční verze motocyklu Megola [7]

Planetová převodovka je vhodnou volbou pro podobnou aplikaci, protože umožňuje změnu převodového poměru ozubenými koly, aniž by se změnil smysl otáčení. Toho je dosaženo pomocí tří ozubených kol, resp. čtyř, pěti a více (z konstrukčních důvodů, jinak jejich počet nehraje roli). Převodový poměr mezi malým (slunečním) a velkým (korunovým) kolem je ten, kterého potřebujeme dosáhnout, zbývající (planetová) kola konají obecný rovinný pohyb a jsou zde pouze pro dosažení shodného smyslu otáčení vstupní a výstupní části.

Megola není vybavena klasickou převodovkou, pouze stálým převodem přes planetovou převodovku, a to 6:1. Motocykl nemá ani žádnou spojku. Zapalování pětiválcového rotačního motoru probíhá v pořadí 1-3-5-2-4 a obstarávalo ho dynamo Bosch umístěné na levé straně



přední vidlice. Jednotlivé válce spolu svírají úhel 72° , objem motoru je 637 cm^3 . Plnění válců zajišťuje karburátor umístěný pod osou kola na straně pravé a směs do válců je dopravována dutinou klikové hřídele. Výkon cestovní verze je přibližně $7,4 \text{ kW}$, ve verzi určené pro závody až $18,4 \text{ kW}$. Ventilové rozvody jsou typu SV.[6]

Rozvod s postranními ventily (SV – Side Valves) je již dnes zastaralou a překonanou technologií. U tohoto typu se vačková hřídel nachází v bloku motoru, v blízkosti klikové hřídele. Zdvihátka, tlačné pružiny i ventily jsou umístěny rovnoběžně s osou válce. Výhodou rozvodu SV je nízká hmotnost, jednodušší výroba a při případné poruše nedojde ke kolizi ventilu s pístem. Hlavní nevýhodou a také důvodem, proč se již typ SV téměř nepoužívá, je nevhodný tvar spalovacího prostoru.



Obr. 1.5 Motor motocyklu Megola[7]

Motor Megoly bez možnosti řazení převodových stupňů zvládal rychlosti od pěší chůze až po 145 km/h , což je rychlostní rekord dosažený na tomto motocyklu v roce 1923 na berlínském závodním okruhu Avus. Megola dokonce v roce 1924 při jednom závodě porazila kompletní tovární tým BMW a jezdec Toni Bauhofer získal německý mistrovský titul. Na tehdejších okruzích s různými povrchy a klopenými zatáčkami tento motocykl překvapivě fungoval. Při závodním využití motocyklu se převod pro různé tratě mohl měnit pouze změnou průměru předního kola. Teoreticky by se tedy musel nejprve vyzkoušet převod, následně sundat pneumatiku, rozplést kolo, použít ráfek s jiným průměrem, vyplést kolo a nasadit pneumatiku. Tohle by ovšem z důvodu časové náročnosti nevedlo k úspěchu, takže jezdci tento problém řešili tak, že si s sebou vozili několik předních kol různých průměrů s již namontovanými motory. Tato koncepce také vylučovala jakékoliv servisní práce na motoru bez rozpletení kola. Zajímavostí motocyklu je i rám. Jedná se o lisovanou ocelovou skořepinu s nýtovanou konstrukcí. O pružení předního kola se starala pětistavá čtvrteliptická pružina a vzadu dvě půleliptické. To však pouze u cestovní verze, závodní varianta měla jen odpružené sedlo. Megola neměla žádnou přední brzdu, pouze zadní čelistovou. Kromě klasických čelistí uvnitř bubnu byl motocykl vybaven dalšími čelistmi, svírající buben na jeho vnějším obvodu. Brzdilo se nožním pedálem a páčkou na řídítku. Samotná jízda je z dnešního pohledu těžko představitelná. Na startování motocyklu bez spojky byl doporučený postup postavit přední



kolo na stojan a ručně nebo podrážkou boty roztočit přední kolo. V praxi je tento postup téměř nepoužitelný, takže jezdci motocykl startovali roztlačením. Probíhalo to tak, že jezdec běžel vedle stroje motocykl, jednou rukou držel plyn, druhou rukou obsluhoval páčku dekompresoru a následně na motocykl naskočil. Palivo bylo v nádobce na pravé straně přední vidlice, ale byla to jenom pohotovostní zásoba, která se musela ručně dočerpávat z hlavní nádrže. Kvůli tomu musel jezdec sundat ruku z plynu a po tu dobu nastavit ruční plyn. Dalším problémem bylo zastavování motocykl. Bez spojky se nedalo zastavit, aniž by se nezastavil motor. Pokud při jízdě ve městě svítila na semaforu červená, autoři tohoto stroje doporučovali co nejvíce zpomalit a kličkovat před křižovatkou až do rozsvícení zelené. V dnešním provozu je takovýto postup těžko představitelný.[6]



Obr. 1.6 Závodní verze motocyklu Megola[8]

Svémi nápady se němečtí konstruktéři při vývoji a provozu Megoly dostávali do mnoha problémů vzniklých ne z použití samotného rotačního motoru, ale především z jeho umístění v předním kole. Závodní úspěchy částečně prokázaly konkurenceschopnost této myšlenky, avšak vývoj motocyklů i motocyklových motorů se ubral jiným směrem.

1.2 FOGGY PETRONAS FP-1 – MOTOR SE ZAKLONĚNÝMI VÁLCI

Malajská olejářská společnost Petronas se po úspěších z Mistrovství světa silničních motocyklů třídy 250 rozhodla vstoupit do nejvyšší kategorie MotoGP s vlastním motocyklem. Kvůli změnám v pravidlech této třídy by však byl motocykl kvůli svému objemu znevýhodněn. Proto byl vstup do MotoGP zrušen a FP1 v roce 2003 vstoupilo do Mistrovství světa Superbike se čtyřdobým tříválcovým řadovým motorem o objemu 899,5 cm³. [9]



Obr. 1.7 Foggy Petronas F1 pro Mistrovství světa Superbike[10]

Použití tříválcového motoru je sice neobvyklé (v sériové produkci pouze Triumph a Benelli), ovšem v FP1 byly válce nakloněny dozadu. Běžně mají řadové motocyklů skloněné válce dopředu, dopředu směřuje i výfuková strana, naopak sání je vedeno ze zadní části. Tím vzniká v prostoru za válci dostatečný prostor pro airbox a vstřikovací soustavu, vpředu vyvedené výfukové svody jsou chlazeny nápořem vzduch, jejich nejžhavější část je pod/vedle motoru a neprochází tak těsně okolo zadního tlumiče nebo rámu. FP1 má válce nakloněny dozadu o 13° . Výfukové svody jsou vyvedeny ze zadní strany válců a sací část zepředu. Airbox o objemu deseti litrů a vstřikovací jednotka jsou tedy přemístěny dopředu před motor, který se kvůli nedostatku prostoru musel posunout dozadu. Tímto vznikl problém. Výfuk podle pravidel Mistrovství světa Superbike nesmí přesahovat přes zadní pneumatiku. Z důvodu požadovaných výkonových charakteristik však také musí mít určitou délku, která byla v tomto případě větší, než dovolovalo výše zmíněné pravidlo. Aby se mezi dozadu posunutý motor a konec pneumatiky výfukové svody vešly, bylo vytvořeno poměrně složité uspořádání 3-1-2-3. Umístění výfukové části za motorem (vzhledem ke směru jízdy) má tu nevýhodu, že se do těchto prostorů nedostává takový proud vzduchu, který by je dostatečně ochlazoval. Výfukovou soustavu vyrobila firma Micron ze žáruvzdorné niklové slitiny Inconel s keramickým povlakem. Ochlazování svodů však nebylo dostatečné a v prostoru pod zadním pomocným rámem z uhlíkového laminátu se teplo kumulovalo, rám se přehříval, rozlepoval a deformoval pod vahou jezdce. Několikrát se i v průběhu závodu stalo, že motocykl začal hořet. Konstrukteři použili již dříve navržený prototyp motoru Sauber, původně určeného pro sérii MotoGP. Ten však vycházel z části motoru pro formuli 1 (Petronas zde měl také svůj závodní tým – Sauber Petronas F1). Z těchto důvodů mu chyběla potřebná výkonová charakteristika pro použití v motocyklu kategorie Superbike. Motor dosahoval výkonu 143 kW v otáčkách $15\,000\text{ min}^{-1}$ a krouticího momentu 105 Nm při $11\,000\text{ otáček min}^{-1}$. Nevhodný průběh krouticího momentu zapříčinil nedostatečné zrychlení na výjezdu ze zatáček a vyžadoval neustálou koncentraci jezdce na časté řazení převodových stupňů. Mnohem častější, než na ostatních motocyklech stejné kategorie. Ideální bylo udržovat motor mezi třinácti a šestnácti tisíci otáčkami (při této hodnotě zasahoval omezovač otáček). Nová pravidla kategorie Superbike dovolila zvětšení objemu tříválcových motorů na



1000 cm³. Petronas však této změny nevyužili a na konci sezony 2006 odstoupili ze šampionátu.[11]



Obr. 1.8 Motor motocyklu Foggy Petronas F1[12]

Motocykly v Mistrovství světa Superbike musejí na rozdíl od kategorie MotoGP vycházet ze sériových motocyklů. Dle pravidel musí vzniknout minimálně sto padesáti kusová homologační série určená pro provoz na pozemních komunikacích. Tento počet sice vyroben byl, ale veřejně není známo, jestli byla celá série prodána. Údajně bylo šedesát kusů v roce 2005 odvezeno do Malajsie a zlikvidováno. Tyto motocykly však byly na konci roku 2010 objeveny a všechny jsou stále ve vlastnictví firmy Petronas. Zbytek série je pravděpodobně držen ve sbírkách soukromých sběratelů. Motocykly nikdy nebyly běžným způsobem nabídnuty k prodeji.[13]

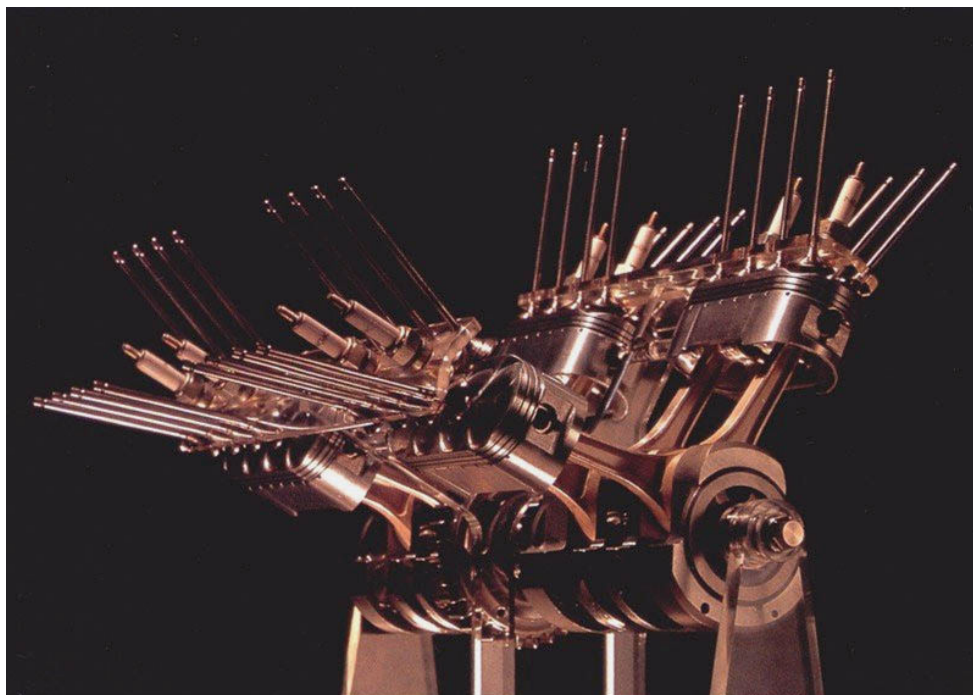
Cílem celého projektu bylo zvítězit v kategorii Superbike. Netradiční koncepce motoru spolu s nevhodnými výkonovými charakteristikami to však nedovolovala a ani dobré chování motocyklu v zatáčkách tyto problémy nezakrylo. Za celým projektem stály obrovské finanční prostředky společnosti Petronas, dvě druhá místa v závodech v roce 2004 byly jediné výsledky, které se daly považovat za úspěch. Do sezony 2007 již tým nenastoupil a většina jeho vybavení byla následně v aukcích nabídnuta k prodeji.

1.3 HONDA NR – MOTOR S OVÁLNÝMI PÍSTY

Po několikaleté pauze v Mistrovství světa silničních motocyklů ohlásila firma Honda v roce 1977 návrat do nejvyšší kategorie GP 500 (pro motocykly o objemu motoru do 500 cm³). V té době zde závodily jak čtyřdobé, tak dvoudobé motocykly, které však postupně získávaly výkonovou a početní převahu. Zájmem Hondy bylo vyvinout čtyřdobý motor, který by se však svými výkonovými parametry vyrovnal svým dvoudobým rivalům. Dvoutaktní motor má z principu funkce teoreticky dvakrát vyšší výkon než motor čtyřtaktní (při shodném zdvihovém objemu), protože celý spalovací cyklus proběhne během jedné otáčky klikové hřídele (na rozdíl od dvou otáček u čtyřtaktu). Aby se Honda se svým čtyřdobým motorem



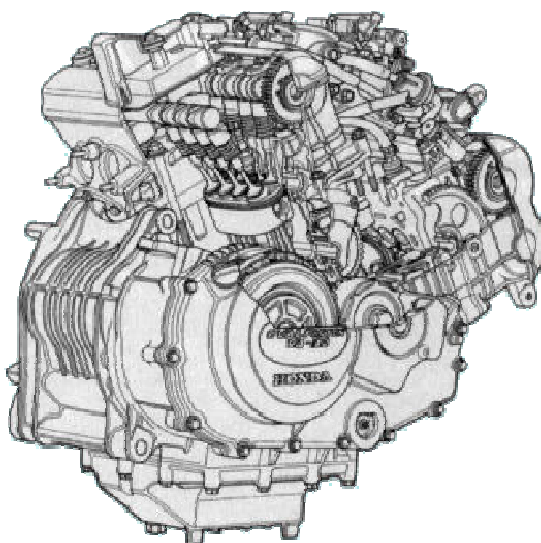
vyrovnala výkonu dvoutaktů, musela by teoreticky použít dvakrát větší počet válců, tedy osm. Pravidla však dovolovala maximálně čtyři válce, o jejich tvaru se ale nezmiňovala. Honda tedy zjednodušeně řečeno spojila vždy dva sousední válce do jednoho a vytvořila tak jeden s oválným průřezem. Což jim také umožnilo použití většího množství ventilů, než kolik by se vešlo do konvenčního kruhového průřezu. „Spojením“ dvou spalovacích komor tedy získali prostor pro osm ventilů. To zajistilo dokonalejší výměnu směsi, kterou by čtyři ventily spojené s krátkým zdvihem pístu nedovolovaly. Každý píst byl s klikovou hřídelí spojen dvěma ojnici. Čtyřválcový motor do V s počtem komponentů náležící spíše osmiválci mohl dle výpočtů dosahovat otáček až $23\,000\text{ min}^{-1}$. [14]



Obr. 1.9 Komponenty motoru Hondy NR750 [15]

Nejvýhodnější konfigurace byla zjišťována nejprve na jednoválcovém prototypu. Například bylo zjištěno, že při dosažení otáček cca $10\,000\text{ min}^{-1}$ se začnou deformovat ojnice a následně i pístní čepy. Bylo také testováno několik typů pístních kroužků, nakonec byly použity klasické se zámkem. Výroba pístních kroužků oválného tvaru v požadovaných tolerancích je mnohem náročnější než u klasických kruhových. Problémy spojené s deformacemi ojnic i s pístními kroužky byly nakonec vyřešeny (použití materiálů s lepšími vlastnostmi, přesnější výrobní stroje). [16]

Sezona 1979 byla první zkouškou motocyklu NR500 na závodních tratích. Čtyřválcový motor s úhlem rozevření válců 100° dosahoval výkonu 74 kW při otáčkách $16\,000\text{ min}^{-1}$, což bylo mnohem méně, než naznačovaly výpočty a také méně, než měly konkurenční dvoudobé motocykly, které již v této době kompletně obsadily startovní pole třídy GP 500. Zajímavostí tohoto motocyklu bylo také použití kol o průměru $16''$ místo tehdy běžných $18''$. Snížili tím hmotnost stroje o 4 kg (celková hmotnost byla stále o cca 20 kg vyšší než u dvoutaktních strojů) a výšku o 50 mm . Nebylo nutné roztáčet tolik hmoty, takže se zlepšila akcelerace i decelerace motocyklu (kolo se chová jako setrvačnick) a nižší aerodynamický odpor (snížením výšky) dovozoval dosažení vyšších maximálních rychlostí. Motocykl byl dále vyvíjen, ale nikdy nesplnil stanovené cíle a po sezoně 1983 byl stažen z mistrovství světa. [17]



Obr. 1.10 Náčrt motoru Hondy NR750 v částečném řezu[18]

V roce 1990 byl představen silniční motocykl NR750, který využíval zkušenosti Hondy s motory s oválnými písty. Pohonná jednotka se stejnou konfigurací jako předchozí závodní model, ale se zdvihovým objemem zvýšeným na $747,7 \text{ cm}^3$. Čtyři sací a čtyři výfukové ventily na válec, dvě zapalovací svíčky na válec a celkem osm ojníc je stejný počet, který měl již model NR500. Hodnoty vrtání a zdvihu mají kvůli tvaru spalovacího prostoru celkem tři rozměry – $101,2 \times 50,6 \times 42 \text{ mm}$. Ventilový rozvod je typu DOHC a k přenosu krouticího momentu z klikové na vačkovou hřídel je využito ozubených soukolí. Plnění zajišťuje v té době ještě málo vídané elektronicky řízené vstřikování paliva. Honda NR byla vybavena mnoha dalšími komponenty, které byly u silničních motocyklů standardně používány až o několik let později, jako např. obrácené přední vidlice.[19]



Obr. 1.11 Píst oválného tvaru[20]

Zkratka USD (upside-down) se vžila pro označení obrácených předních vidlic. Klasická vidlice má nosnou trubku a do ní se shora zasouvá kluzák. Nevýhodou této koncepce je nižší odolnost vůči zatížení ohybem, např. při brzdění nebo nárazu předního kola do překážky. Zdánlivým řešením by bylo zvýšit průměr, případně tloušťku stěny nosné trubky. To by však mělo za následek zvýšení hmotnosti celkové a především neodpružených hmot. U USD vidlice prochází osa předního kola kluzáky, které se zespod zasunují do nosných trubek. Takto je zajištěno vyššího překrytí kluzáků a trubek a tedy i tuhosti celé soustavy. V případě



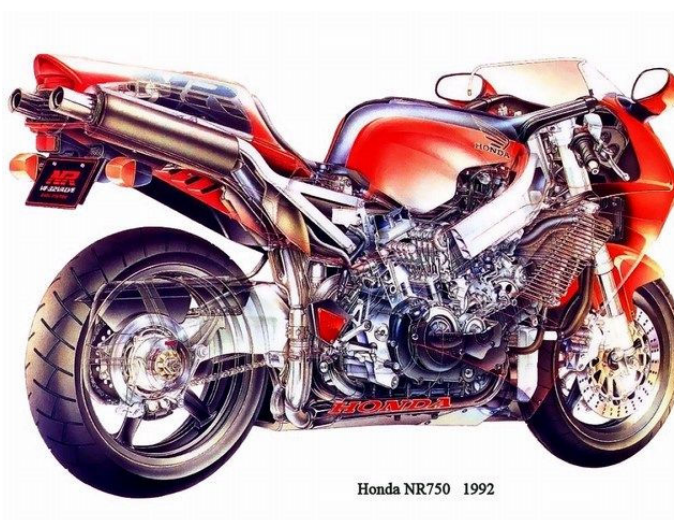
nárazu předního kola do překážky má klasická vidlice tendenci ohnout se, zatímco obrácená vidlice se spíše stlačí do maxima a teprve následně podléhá ohybu. V současné době jsou již USD vidlice využívány u všech sportovních i závodních silničních motocyklů.[21]



Obr. 1.12 Honda NR750[22]

Motor Hondy NR je nosnou částí dvojitého páteřového rámu vyrobeného metodou tlakového lití. Převodovka je šestistupňová, avšak kazetového typu, čímž je umožněno její vymontování bez zásahu do motoru. Vícelamelová mokrá spojka není ovládána mechanicky, ale hydraulicky. Zadní podvozková část se skládá z jednoramenné kyvné vidlice a centrální pružící a tlumící jednotky s pákovým systémem. Výfukové svody ústí do tlumičů ukrytých pod kapotáží podsedlové části. Vlastnosti tohoto umístění jsou uvedeny v kapitole 3.2.2 *Umístění tlumičů výfuku*. I přes použití lehkých materiálů dosáhla hmotnost motocyklu bez náplní hodnoty 223 kg. Dnešní sportovní motocykly se pohybují okolo 200 kg i s náplněmi.[23]

Honda využila svých zkušeností s motory s oválnými písty a vyrobila motocykl s karbonovou kapotáží a mnoha dalšími nadčasovými komponenty. Model NR750 vznikl pouze v limitované sérii pěti set až tisíc kusů (zdroje se rozcházejí) a šlo tedy o velmi exkluzivní motocykl, čemuž odpovídala i cena £ 36 500.[19]



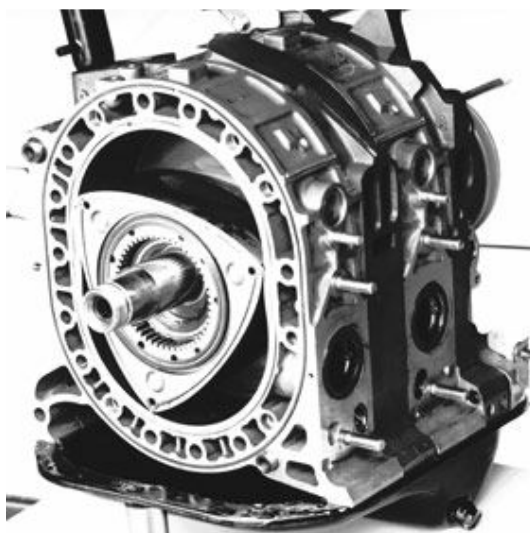
Obr. 1.13 Nákres Hondy NR750 v částečném řezu[24]



1.4 NORTON NRV 588 – WANKELŮV MOTOR

1.4.1 WANKELŮV MOTOR

Klasický mechanismus spalovacího motoru (přímočarý vratný pohyb pístu) má několik nevýhod a problémů, které se snaží Wankelův motor eliminovat. Mezi nimi například velký počet pohyblivých částí, které musí být vyváženy a velké rozměry celého ústrojí. Wankelův motor nepoužívá klasický klikový mechanismus, má menší počet pohybujících se částí, které navíc konají pouze rotační pohyb, takže vyvažování je podstatně snazší.



Obr. 1.14 Wankelův motor[25]

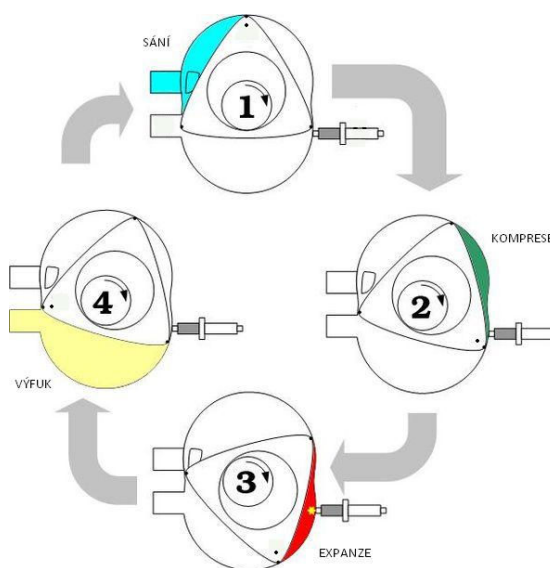
V padesátých letech dvacátého století vymyslel německý konstruktér Felix Wankel (v té době pracoval pro automobilku NSU) princip rotačního motoru, jenž později získal jeho jméno, a který se používá dodnes. U prvního prototypu motoru však rotoval píst i blok, oba kolem jiné osy. Motor sice snadno dosahoval otáček $17\,000\text{ min}^{-1}$, ale jeho konstrukce byla příliš složitá. Pro výměnu základních částí, jako je například svíčka, se musel rozebrat v podstatě celý motor. Následovalo několik dalších verzí a v roce 1958 byl zkonstruován Wankelův motor tak, jak ho známe dnes, tedy s excentricky rotujícím pístem a stacionárním blokem. NSU následně tento prototyp licencovalo dalším výrobcům, např. Curtis-Wright, Rolls-Royce (později vyvinuli vznětový Wankel) nebo Mazda, která jej použila třeba ve sportovních modelech RX-7 a následně v RX-8. Problémy spojené s životností Wankelova motoru nakonec zapříčinily úpadek automobilky NSU a všichni ostatní velcí výrobci (kromě Mazdy) již s vývojem nepokračují.[26]

Wankelův motor našel uplatnění nejen v automobilech, ale také v motocyklech, lodích a letadlech. Mezi motocyklovými firmami jej použili například Norton, Suzuki, Hercules nebo Van Veen.[27]



Obr. 1.15 Wankelův motor v rozloženém stavu[28]

Ve skříni epitrochoidního tvaru rotuje trojboký píst, jehož stěny mají obloukový profil. Píst je se skříní neustále v kontaktu, a to přes vrcholy stýkajících se oblouků, resp. přes těsnící lišty, které jsou umístěny v každém vrcholu pístu. Vznikají tak tři izolované pracovní prostory. Rozvod obstarává samotný píst (nejsou potřeba ventily). Jeden jeho bok vykoná za jednu otáčku celý pracovní (Ottův) cyklus. Klasický čtyřdobý motor vykoná jeden pracovní cyklus za dvě otáčky klikové hřídele. Jednopístový (jednorotorový) Wankelův motor je tedy ekvivalentem k dvouválcovému čtyřdobému motoru. V prvním pracovním prostoru dochází k nasávání směsi, ve druhé komoře je již směs stlačována a dochází k výbuchu a ve třetí komoře spaliny odchází do výfukového kanálu. Píst má v každém svém boku vybrání, které zvětšuje spalovací prostor. Pohyb pístu určuje vnitřní ozubení, které je v jeho středu. Pastorek je uchycen ke skříni a nepohybuje se. Poměr otáček hřídele a pístu je 3:1 (za jednu otáčku pístu se hřídel otočí třikrát). Jako otáčky motoru se udávají otáčky výstupní hřídele. Píst je uložen valivě na výstředníku hřídele a vytváří tedy klikový mechanismus. Působením pístu na výstředník hřídele se otáčky přenášejí na celou výstupní hřídel.[29]



Obr. 1.16 Spalovací cyklus Wankelova motoru[30]



Výhody:[26]

- nižší počet rotujících částí, jednodušší k ideálnímu vyvážení → rovnoměrnější a klidnější chod
- nižší hmotnost, rozměry, celkový počet součástí
- dobrý poměr výkon/hmotnost

Nevýhody:[26]

- obtížné těsnění spalovacího prostoru, nízká životnost těsnících lišt
- jednostranné tepelné zatížení skříně
- nižší hodnota kompresního poměru
- větší tepelné ztráty
- vyšší spotřeba paliva (nízký kompresní poměr a malá tepelná účinnost)
- vyšší spotřeba oleje (nutnost mazání těsnících lišt)
- vyšší emise škodlivých plynů

Wankelův motor má stále v současné době více nevýhod než výhod. Zejména problémy s těsněním vrcholů pístu, tedy s těsnícími lištami. Ty se rychle opotřebovávaly a ztrácely svou těsnící schopnost. Jednotlivé komory tedy nebyly dokonale utěsněny a motor tím pádem ztrácel kompresi. Důvodem není ani tak samotné tření těsnění o vnitřní stěnu bloku motoru, ale spíše nerovnoměrný tlak, který je díky excentrické rotaci na tuto plochu vyvíjen. Tyto problémy způsobily, že některé modely automobilky NSU si vyžádaly generální opravu motoru již po 50 000 kilometrech. Tyto problémy se postupným vývojem podařilo vyřešit Mazdě. Hodnoty emisí se také podařilo snížit a to zejména vývojem katalyzátorů.[26]

Automobilka Mazda jako jediná stále pokračuje s vývojem Wankelova motoru. Momentálně tento motor pohání sportovní model RX-8. Lze očekávat, že Mazda aplikuje své poznatky z této oblasti ve svých budoucích automobilech. Mezi motocyklovými výrobci je však jeden, který se snaží dostat Wankelův motor na závodní tratě. Britský Norton vyvinul model NRV 588 v roce 2006 a bude mu věnována následující část této práce. V současné době však probíhá vývoj jeho nástupce[31] s objemem motoru zvýšeným na 700 cm³.

1.4.2 NORTON NRV 588

V posledních letech se ve větší míře experimentovalo s netradičními koncepcemi podvozků (řízení rejdovým čepem Elfu, telelever BMW apod.), ale motory zůstávaly stále stejné. Jedinou výjimkou je anglický výrobce motocyklů Norton, který se snaží prosadit s Wankelovým motorem, jemuž byla věnována předchozí podkapitola.

Dnes je to již více než dvacet tři let, co se na závodní dráze objevil první Norton s Wankelovým motorem. Od roku 1987 získali několik britských mistrovských titulů v závodech silničních motocyklů a jedno vítězství ve slavném závodě Isle of Man TT v roce 1992. Závodění s tímto motorem v minulosti provázely neshody výrobce s Mezinárodní motocyklovou federací FIM ohledně přepočtu objemu motoru. Model NRV 588 používá dvourotorový Wankelův motor, každý spalovací prostor má objem 294 cm³, což dává celkový



objem 588 cm^3 . Nalezení ekvivalentního objemu čtyřdobého dvou nebo čtyřválcového motoru je poměrně složité.[32]



Obr. 1.17 Norton NRV 588[33]

Je nutné si uvědomit, že píst (rotor) Wankelova motoru má tři boky, při kterých dojde během jedné otáčky k celému spalovacímu cyklu. Otáčky pístu neodpovídají otáčkám klikové hřídele, ale jsou v poměru 3:1 (za jednu otáčku pístu se kliková hřídel otočí třikrát). Je také nutné vzít v úvahu, kolikrát dojde k zapálení směsi vzhledem k otáčkám pístu, resp. klikové hřídele – svíčka zažehne směs při každé otáčce klikové hřídele. Poměr stanovený FIM je 1,7:1. Dvourotorový Wankelův motor o objemu 588 cm^3 tak odpovídá klasickému čtyřdobému dvouválcovému motoru s objemem přibližně 1000 cm^3 . Pravidla současného Mistrovství světa Superbike dovolují objem 1000 cm^3 pro čtyřválcové motocykly a 1200 cm^3 pro dvouválcové. Další podmínkou pro vstup do Mistrovství světa Superbike je pro malosériové výrobce nutnost prodat minimálně sto padesát kusů silniční verze motocyklu, se kterým chtějí závodit. Toto zatím firma Norton nesplnila, ale pokud by chtěla navázat na svou úspěšnou závodní historii a vstoupit do Mistrovství světa Superbike, je pravděpodobné, že by jim v tomto ohledu byla udělena výjimka, stejně jako několika jiným případům z minulosti. Promotéři tohoto šampionátu by jistě chtěli mít ve startovním poli dalšího tradičního výrobce motocyklů.[33]

Motor v NRV je jeden z motorů vyrobených v roce 1994, které se v minulosti účastnily závodů v týmu Duckhams Oil. Nyní je však vybaven digitálními technologiemi, vstřikováním paliva s jedním vstřikovačem na rotor a kapalinovým chlazením se dvěma chladicími systémy. Ze svého objemu necelých 600 cm^3 podává výkon $120 \text{ kW}/11\,450 \text{ min}^{-1}$. Při hmotnosti motocyklu 131 kg tak vzniká poměr výkonu a hmotnosti $0,92 \text{ kW/kg}$. Pro srovnání, současné motocykly kategorie Superbike se pohybují okolo 1 kW/kg (výkon a hmotnost cca 165 kW , resp. 165 kg). Mezi plynovou rukojetí NRV a škrticími klapkami v sacím traktu není žádné mechanické spojení. Z plynové rukojeti vede Bowdenův kabel do potenciometru a ten následně posílá informace o poloze plynu do elektronické řídicí jednotky (ECU), která vše vyhodnotí a dále vysílá pokyny pro natáčení škrticích klapek. Motocykl je osazen kontrolou trakce zabraňující prokluzu zadního kola při razantních výjezdech ze zatáček.[32]



Obr. 1.18 Norton NRV 588 bez kapotáží[34]

Kontrola trakce (TC) pracuje ve většině případů na principu porovnávání otáček předního a zadního kola. Možností je také vyhodnocovat náhlé, až téměř skokové zvýšení otáček zadního kola, ke kterému nemůže dojít jinak než prokluzem. Případně různé kombinace a variace těchto systémů. V současné době se začínají sériové motocykly vybavovat kontrolou trakce, takže tato součást elektroniky motocyklů prochází stále silným vývojem. Jakmile ECU vyhodnotí, že dochází k prokluzu zadního kola, přeruší zapalování a umožní tím zadnímu kolu, aby opět získalo trakci. Toto se děje v řádu setin sekundy.



Obr. 1.19 Variabilní délka sání Nortonu NRV 588[33]

Jednu z nejvyspělejších technologií NRV 588 ukrývá v jeho názvu písmeno V. Je to zkratka anglického slova variable, tedy variabilní nebo proměnný. Jedná se o elektronicky řízenou proměnnou délku sání. Úkolem tohoto systému je měnit délku sacího traktu podle momentálních otáček motoru a tím zajistit zlepšení průběhu výkonu a krouticího momentu v celém otáčkovém spektru. Na Nortonu je ale tento systém propracovanější, než jaký je používán v jiných sportovních motocyklech. Na rozdíl od jednoduchého skokového



vytažení/zasunutí používá Norton plynulý pohyb sacích hrdel. Elektronická řídicí jednotka ovládá servomotor na hrdlech v závislosti na otáčkách motoru. Jejich největší délka je v nízkých otáčkách, od 6000 min^{-1} se hrdla začínají zkracovat, a při 8000 se zasunou úplně. O 200 otáček dál dosáhne motor maxima svého točivého momentu, 113 Nm . V $11\,500 \text{ min}^{-1}$ zasáhne omezovač, což je o 50 otáček nad špičkou průběhu výkonu. Sací hrdla se pohybují po dráze 120 mm. Zajímavostí je lineární servomotor ovládající variabilní sání, je totiž použit stejný typ, který lze najít v bankomatech, kde slouží na zasunování a vysunování kreditní karty. Uznávaný anglický novinář Alan Cathcart, který měl možnost tento stroj testovat, o něm napsal: „Motor má v celém rozsahu otáček natolik vyrovnaný průběh, že vám schází jakýkoliv cit pro to, jestli už je čas přeradit nahoru. Tam, kde by zátaž ve středních otáčkách už měl začít vadnout, motor tvrdě táhne dál.“ Převodovka je již tradiční šestistupňová, převzatá od firmy Yamaha. Podvozek NRV 588 je také na vysoké úrovni. Rám je oproti předchozím verzím Nortonů s Wankelovými motory o 25 mm prodloužený, aby se mohl chladič přestěhovat dopředu před motor a nebyl jako dříve po stranách. To umožnilo zredukovat šířku motocyklu na pouhých 450 mm, což je o více jak poloviny méně, než měly předchozí verze. Je tedy mnohem užší, než současné motocykly s řadovými čtyřválcovými motory a spíše se blíží šířce závodních motocyklů kategorie GP 250 (dvoutaktní dvouválců do V). Jenže jeden čelní chladič Nortonu nezvládal uchládit tento motor. I přes kapalinové chlazení vnějšku pístu dosahovala teplota výfukových svodů více než 1000°C . Prvním opatřením bylo použití slitiny Inconel, z níž jsou svody vyrobeny. O druhé opatření se postaral vývojový konstruktér Nortonu Brian Crighton. Jeho koníčkem jsou modely proudových letadel. Pro jejich pohon se používají vysokovýkonná elektrická dmychadla s obrovskými otáčkami, která vytváří potřebný tah. A tak ho napadlo, že by mohl použít toto malé dmychadlo na ochlazování motoru a umístil ho do kanálu odvádějícího horký vzduch vzadu pod sedlem. Tato řešení pomohla motor dostatečně uchládit. Pro odpružení zadního kola je použita klasická neprogresivní vinutá pružina a pro tlumení tlumič značky Öhlins. Oba komponenty jsou umístěny vpravo na vyztužené kyvné vidlici. Vepředu je motocykl vybaven USD vidlicemi stejného výrobce. Karbonová kola významně snižují hmotnost neodpružených hmot a zlepšují tak chování motocyklu. Tzv. antihoppingová spojka zase zabraňuje blokování zadního kola při razantním brzdění a podřazování. Toto jsou však již komponenty u závodních motocyklů běžně používané.[32]

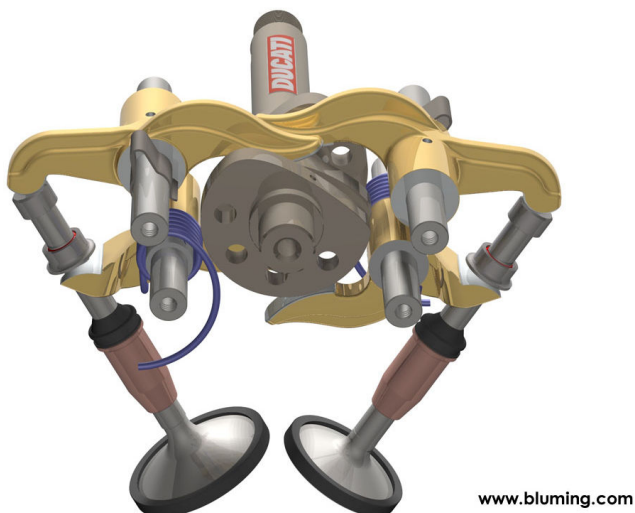
V roce 2009 jel s tímto motocyklem britský závodník Michael Dunlop závod Tourist Trophy na ostrově Man. To bylo také jedno z mála vystoupení modelu NRV 588 na závodních tratích. Norton však již pracuje na nástupci, opět s Wankelovým motorem, ale tentokrát s objemem 700 cm^3 . Vývoj je na počátku a zatím není veřejně známo, ve které kategorii a ani ve kterém šampionátu by měl závodit. Norton NRV 588 však předvedl, že Wankelův motor je možno použít i v současných motocyklech a při vhodném zařazení do jedné ze zavedených závodních kategorií by se mohla tato koncepce ukázat jako konkurenceschopná.[34]

1.5 DESMODROMICKÝ ROZVOD

V dnešní době jsou nejčastěji používanými typy rozvodů především OHC, DOHC, případně OHV. Italský motocyklový výrobce Ducati však již několik desítek let využívá systému zvaného desmo - desmodromický rozvod.

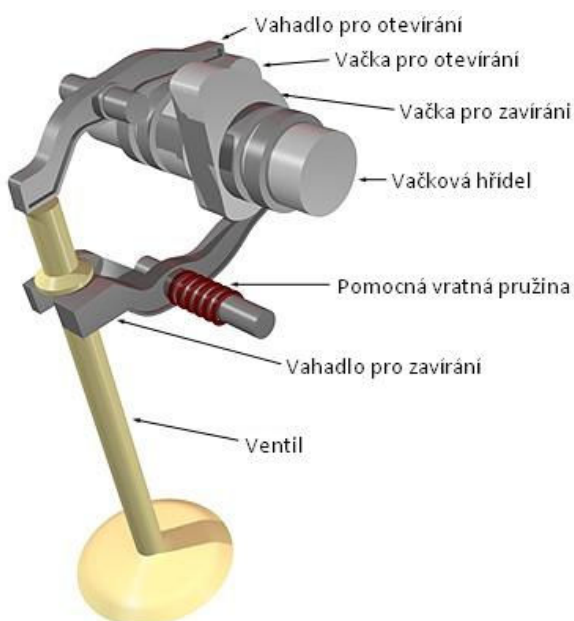


Ventily ovládané desmodromicky se již objevily mnoho let předtím, než je použilo Ducati. Fabio Taglioni, který v roce 1956 přišel k této firmě na post hlavního konstruktéra, však dokázal vyvinout tento systém do konkurenceschopné podoby. Desmo se stalo nedílnou součástí všech motocyklů značky Ducati.[35]



Obr. 1.20 Desmodromický rozvod Ducati[36]

Konvenční systémy pro ovládání ventilů se dle použité konstrukce skládají z vačkové hřídele, zdvihátka, vahadla, ventilové tyče a především z ventilové pružiny. Při otáčení vačkové hřídele zdvihátka ventilů kopírují tvar vačky (ve skutečnosti jsou zde určité vřely, které však nejsou pro popis funkce podstatné). To zajišťují tlačné pružiny, které vrací ventily do zavřené polohy. Zároveň ale tyto pružiny kladou svou tuhostí odpor při otevírání ventilů. Desmodromický rozvod nepoužívá k zavírání ventilů pružiny, ale jsou zavírány tzv. nuceně.



Obr. 1.21 Popis nejdůležitějších částí desmodromického rozvodu[37]

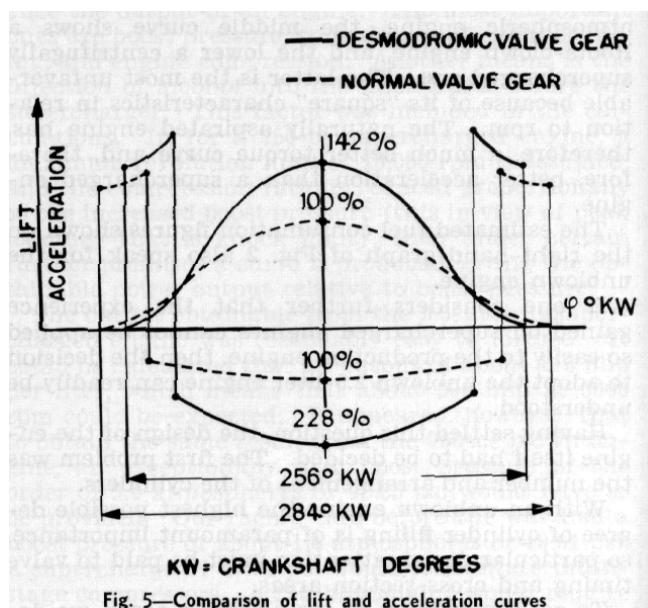
Při vyšších otáčkách motorů může nastat stav, kdy ventily nebudou schopny kopírovat tvar vačky, protože je pružiny nebudou vracet dostatečně rychle do zavřené polohy. Tento jev se nazývá odskakování ventilů. Ventily pak dosedají vysokou rychlostí a může dojít k jejich poškození, případně k poškození zdvihátek, talířků a následně motoru. Řešením by bylo použít pružiny s vyšší tuhostí, což by však vedlo ke zvýšení energie nutné k překonávání této tuhosti při stlačování. Tento postup by byl kontraproduktivní, protože by se snižovala účinnost motoru a zároveň není možné zvyšovat tuhost pružiny s rostoucími otáčkami donekonečna. Jak již bylo řečeno, desmodromický rozvod nevyužívá žádných pružin. Otevírání i zavírání ventilů se děje pomocí vahadel. Jejich pohyb určuje vačková hřídel – jedna vačka určuje pohyb vahadla pro otevírání, druhá vačka pohyb vahadla pro zavírání ventilu. Takto je možno dosáhnout velmi vysokých otáček. Dále je možné použít tzv. ostřejší vačky, protože tento systém dovoluje vyšší zrychlení ventilů. Doba potřebná k sání a výfuku se tím pádem prodlouží. V neprospěch desmodromických rozvodů hovoří především náročná výroba (z důvodu potřebné vysoké přesnosti), oproti konvenčním rozvodům složitější seřizování.[38]

Výhody:[39]

- možnost dosažení velmi vysokých otáček bez hrozby tzv. odskakování ventilů
- nižší mechanické ztráty motoru – není nutno překonávat tuhost pružin
- menší silové působení na ventily
- možnost vyššího zrychlení při pohybu ventilů
- delší doba k plnění a vyplachování spalovacího prostoru
- snížení třecích sil na vačkách

Nevýhody:[39]

- vysoké nároky na přesnost výroby
- složitější seřizování
- vyšší prostorová náročnost



Obr. 1.22 Porovnání křivek zrychlení ventilů[38]



Z důvodu nedostatečné životnosti materiálů použitých k výrobě ventilů, pružin apod. se hledaly jiné způsoby, které by tyto problémy obcházely. Výhody desmodromického rozvodu nejsou pravděpodobně pro výrobce z oblasti motocyklového (ani automobilového) průmyslu převažující. Pouze italská Ducati využívá tento systém dodnes a je nutné poznamenat, že s velkým úspěchem. Důvodem však již není nemožnost dosáhnout vysokých otáček konvenčními způsoby, ale spíše vazba k historii značky a pokračování v tradici.



2 NETRADIČNÍ KONCEPCE PODVOZKŮ

2.1 BIMOTA TESI 3D – ŘÍZENÍ REJDOVÝM ČEPEM

Snaha oddělit od sebe brzdné a řídicí síly vedla ke vzniku několika podobných systémů, u kterých se brzdná síla přenáší rovnou na rám motocyklu. Ve starší literatuře jsou označovány jako odpérování osy řízení ale dnes častěji používaný název je řízení rejdovým čepem (hub-center steering). Klasické hydraulicky tlumené teleskopické vidlice zavedla do výroby v roce 1935 firma BMW. Tento systém postupně vytlačil všechny ostatní do té doby používané způsoby a i po několika desítkách let je stále nejpoužívanějším druhem pro vedení a odpružení předního kola. Již z principu funkce má však několik nedostatků. Jejimi úkoly jsou vedení předního kola, řízení, odpružení, tlumení a přenášení brzdných sil do rámu. Hlavním problémem je, že osa předního kola leží daleko od pevného bodu, kterým je hlava řízení a vzniká tak velký ohybový moment, působící na trubky a také na ložiska v hlavě. Zdánlivým řešením by bylo zvětšit průměr nosných i kluzných trubek, to by však znamenalo vyšší hmotnost a navíc by větší kluzné a těsnicí plochy zvyšovaly moment utržení z klidu a vidlice by pak byla méně citlivá a chovala by se nepředvídatelně. Vlivem silného brzdění se vidlice zasouvá (ponořuje) a nezbývá tak moc pracovní dráhy k absorbování případných nerovností vozovky. I přes tyto nedostatky je teleskopická vidlice nejvíce používaným systémem, především pro její jednoduchou a kompaktní konstrukci.[40]

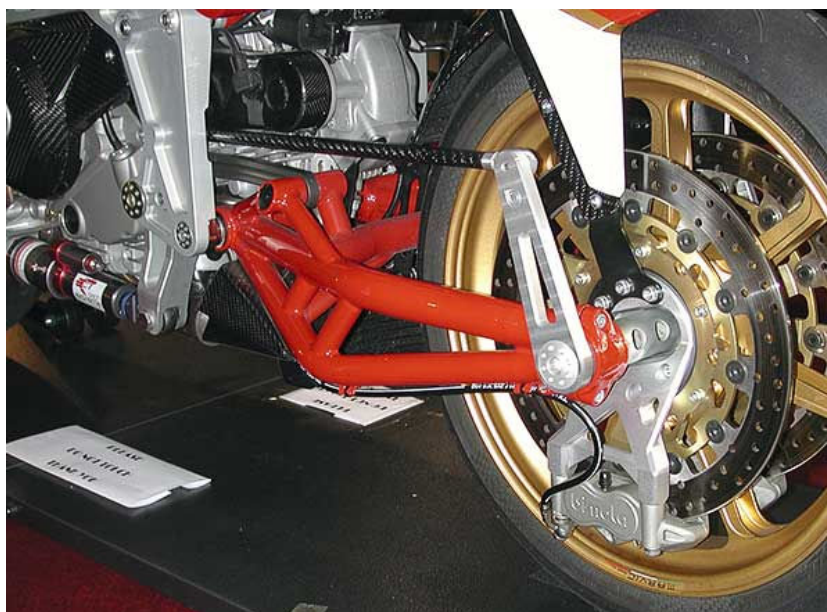


Obr. 2.1 Bimota Tesi 3D ve verzi s karbonovými prvky[41]

Řízení rejdovým čepem odstraňuje výše zmíněné nedostatky, na druhou stranu ale přináší jiné. Toto řešení je použito u motocyklů Bimota Tesi (1D, 2D a 3D), Vyrus 986 M2, Elf a některých dalších. Tento systém poprvé sestrojil André de Corstancie a bylo to u závodního motocyklu Elf ze sedmdesátých let dvacátého století. Do sériové výroby se řízení rejdovým čepem dostalo přes Yamahu GTS a Bimotu Tesi. Tesi 1D z roku 1991 se prodalo pouze 280 kusů a tak se firma rozhodla ukončit v roce 1994 výrobu tohoto modelu a přejít na konvenční modely. Vývoj však pokračoval dál pod značkou Vyrus a byl představen model C3 984, který následně Bimota převzala a pojmenovala Tesi 2D.[42]



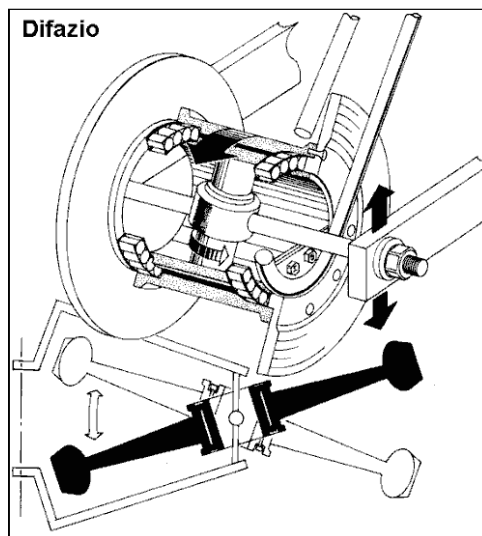
3D má přední kolo vedeno oboustranným výkyvným ramenem, kterým je zajištěno zároveň i pérování. Uvnitř náboje kola, který se neotáčí, je umístěn složitý mechanismus umožňující zatáčení. Ložiska předního kola jsou umístěna na rejdovém čepu, který prochází osou kola. Pohybem řídek se přes systém tyčí, pák a otočných čepů dostávají povely ke kolu. Osa je uložena v rameni rotačně a pomocným čtyřkloubovým mechanismem je zajištěn stále optimální záklon rejdového. Výhodou tohoto systému je přenos brzdných sil přímo na rám. Hlava řízení pak není namáhána velkým ohybovým momentem a nemusí být tak masivní, jako při použití klasické teleskopické vidlice. Tímto způsobem je zajištěna maximální tuhost mezi předním a zadním kolem. Nevýhodou je omezený úhel natočení kola, hmotnost systému, náročnost při výrobě a složitá cesta řídicích tyčí a kulových kloubů, které mají vysoký moment utržení z klidu a tím je pak řízení méně citlivé a působí těžkopádně.[43]



Obr. 2.2 Detail předního kola Bimoty Tesi 3D[44]

Bimota Tesi 3D pokračuje v tradici svých předchůdců 1D a 2D a dotahuje tento systém řízení o něco dál. 3D používá motor Ducati (stejně jako ostatní modely s označením DB – Ducati Bimota) o obsahu 1078 cm³. Ten je zabudován do rámu vyfrézovaných z jednoho kusu duralu. Rám kotví přední i zadní kyvnou vidlici, která navíc ještě prochází motorem. Přední vidlice má jinou konstrukci než 1D a 2D. 3D má vahadlo řídicí tyče celé nalevo, namísto mohutného přepákování řízení vedoucí přes rám zleva na pravou stranu kola. To dává ve výsledku mnohem přímější pocit spojení mezi řídítky a kolem a zároveň umožňuje větší celkový úhel natočení kola (23° u 3D ve srovnání se 17°), což zlepšuje ovládání na klikatých silnicích, ve městech a usnadňuje otáčení na malém prostoru. U starších Tesi se v rychlostech okolo 200 km/h začínala objevovat mírná nestabilita a kmitání předního kola. Nejednalo se o problém samotného systému řízení a postupným vývojem, nastavením mechanismu řízení a vymezením vůlí se podařilo tento problém u modelu Tesi 3D eliminovat. Jízda je podobná jako u konvečního motocyklu, avšak při silném brzdění téměř nedochází k „potápění“ přední části motocyklu. Tlumící a brzdné síly jsou na sobě nezávislé, takže je možné brzdit později a i při zatáčení. Jediným omezením je v tomto případě přilnavost pneumatik. U klasického systému by se vlivem razantního brzdění dostala teleskopická vidlice až téměř k maximálnímu stlačení a při nájezdu na nerovnost by se již nemohla dál stlačovat, přední kolo by začalo odskakovat a následoval by pád. Nevýhodou tohoto systému zavěšení je

omezený rejď, který je ve srovnání s teleskopickou vidlicí pořád velmi malý a omezuje tak zatáčení při malých rychlostech.[42]



Obr. 2.3 Systém Difazio s rotujícím čepem (čep Bimoty Tesi je nehybný)[45]

Systém řízení rejďovým čepem je sám o sobě dražší než konvenční vidlice, avšak u Bimoty Tesi 3D je vysoká cena (cca 605 000 Kč za klasickou verzi bez karbonových dílů[46]) způsobena také ruční výrobou a drahými materiály. Rozšíření této koncepce je tak velmi omezeno a pravděpodobně se jí nedostane větších úspěchů. V současnosti používá tento systém ještě motocykl Vyrus 986 M2, ale také se jedná velmi exkluzivní malosériový stroj.

2.2 SUZUKI TL1000S – ZADNÍ ROTAČNÍ TLUMIČ NÁRAZŮ

Na počátku devadesátých let dvacátého století se objevila dvouválcová Ducati 916 a změnila poměry v kategorii superbike, kde to té doby vládly motocykly s řadovými čtyřválcovými motory. Byla krásná, nedostupná a na závodní dráze nedostižně rychlá. Továrna Ducati s tímto modelem vítězila v mnoha závodech World Superbike. O motocykly s vidlicovými dvouválcovými motory byl najednou obrovský zájem. O několik málo let později se začalo hovořit o motocyklu od Suzuki a jeho údajných 125 koních v motoru V2.[47]

V2 motor s válci sevřenými v úhlu 90° nabízí velmi dobrou rovnováhu, zredukované vibrace a prostor mezi válci pro umístění vstřikování. Má ovšem jednu velkou nevýhodu – délku. A tak zabírá mnohem víc prostoru mezi předním kolem a klikovou hřídelí. Aby konstruktéři Suzuki dostali tento motor do požadovaného rozvoru, museli motor napřímit v tom smyslu, že zadní válec není svisle jako u 916, ale je pod mírným úhlem natočen směrem dozadu. Přední válec (svírající se zadním úhel 90°) je tím pádem také natočen od horizontální osy a vzniká tak místo pro přední kolo. Na druhou stranu se však zmenšuje prostor pro uložení tlumení zadního kola. Klasickou konvenční kombinaci pružiny a tlumiče nahradili systémem, který se původně používal u vozů Formule 1. Pružina byla umístěna v jedné linii se vzpěrou rámu na pravé straně a kapalinový tlumič nárazů byl usazen odděleně v kompaktním válci. V běžně používaných tlumičích se píst pohybuje nahoru a dolů kapalinou, u rotačního systému



v Suzuki TL se čtyři lopatky točí v tlumícím oleji. Teoreticky by měly být vlastnosti stejné jako u normálního systému, ale kola vozů F1 mají mnohem menší dráhu pohybu, než mají kola silničních motocyklů. Rotační tlumič obsahuje velkou komoru a dvě menší. Ve velké se v tlumícím oleji pohybují čtyři lopatky, ve dvou menších jsou ventily regulující průtok oleje. Při pohybech zadního kola směrem nahoru a dolů se lopatky otáčejí a protlačují olej skrz ventily. Při jízdě přes nerovnosti muselo malé množství oleje (zhruba pětina oproti konvenčním tlumičům) procházet tímto malým prostorem, což vedlo k jeho silnému zahřívání, snižování viskozity a olej tak ztrácel své tlumící schopnosti. Při první novinářské prezentaci na závodním okruhu vyšlo najevo, že pocity z chování zadního rotačního tlumiče byly podobné jako s konvenčním tlumením. Problémem však byla stabilita, a to především na běžných silnicích druhé a třetí třídy. Výkonově však TL1000 překonala Ducati 916 (87 kW oproti 80 kW). Při prvních silničních testech se ukázalo, že problémy se stabilitou jsou značné, dokonce i nebezpečné. Majitelé označovali zadní tlumení za tvrdé při kratších vyjíždkách, ale za příliš měkké při delších cestách. To je způsobeno výše zmíněným malým množstvím oleje uvnitř tlumiče, které se rychle zahřeje a tlumící vlastnosti se změňí.[47]



Obr. 2.4 Zadní pružící a tlumící jednotka Suzuki TL1000S[48]

Britští experti na podvozky motocyklů ze společnosti Maxton Engineering vyvinuli tradiční tlumič nárazů a namontovali ho místo rotačního. Kvůli nedostatku místa však byli nuceni ponechat původní umístění pružiny vedle vzpěry rámu. I tak se ale jízdní vlastnosti Suzuki TL1000S značně zlepšily.[49]

Dalším problémem byla nízká tuhost zadního kyvného ramena. Když se sekundární řetěz nastaví do doporučeného průvěsu a přitáhne se matice kola, kyvná vidlice se vykloní a přitáhne tak řetěz. Zadní tlumení by dle manuálu TL1000S mělo mít dráhu 128 mm, přitáhnutý řetěz však zablokuje pohyb zadního kola již po 90 mm. Pokud se nastaví napnutí řetězu chybně, může motocykl v podstatě kompletně ztratit tlumení zadního kola. Po mnohých stížnostech majitelů začala Suzuki vybavovat model TL tlumičem řízení, který zabráňuje kmitání řídítek ze strany na stranu (tzv. tankslapper).[47]



Obr. 2.5 Rotační tlumič s jednou hlavní a dvěma vedlejšími komorami[50]

Tlumiče řízení jsou již dnes sériově montovány na většinu moderních sportovních motocyklů. K neovladatelnému rozkmitání řídítek může dojít především při silné akceleraci na nerovném povrchu. Hmotnost se přesunuje k zadní části motocyklu, přední kolo je nadlehčeno a částečně ztrácí kontakt s vozovkou. Když v tomto momentě najede/narazí přední kolo (které nemusí být v této chvíli zcela rovně, protože je střídavě na silnici a střídavě lehce nad ní) na nerovnost, může dojít k rozkmitání řídítek tzv. od dorazu k dorazu. Čím více se tomu jezdec snaží silou zabránit, tím se víc se tento jev zesiluje a je velká pravděpodobnost, že situace skončí pádem. Obecné doporučení je neklást kmitajícím řídítkům odpor, přestat akcelarovat a lehce brzdít zadní brzdou. K tomuto jevu může dojít také po dopadu předního kola (po jízdě pouze po zadním kole) zpět na vozovku, což je obdobný případ jako předešlý. Rozkmitání řídítek může nastat z několika důvodů, podstatné však je, že je to pro jezdce velmi nepříjemné, ztrácí kontrolu nad motocyklem a může následovat pád. Z tohoto důvodu se motocykly vybavují tlumiči řízení, které rozkmitání řídítek zabraňují. Jedna část tlumiče je uchycena k řídítkům, druhá k rámu. Při pomalém otáčení řídítka při jízdě v nízkých rychlostech (otáčení, odbočování apod.) tlumič řízení dává pouze malý odpor a téměř není poznat rozdíl. Montáž tlumiče řízení se projeví až při rozkmitání řídítek, které je velmi rychlé a nekontrolovatelné, resp. tlumič zabrání tomuto rozkmitání. Nejvíce používaným tlumičem řízení u silničních motocyklů je tlumič kapalinový. Vzhledem se blíží konvenčním tlumičům nárazů. Na pohyblivé části řízení je upevněn dutý válec, v němž se pohybuje píst s otvory a protlačuje jimi tlumící olej. Vnější konec pístu je uchycen k rámu motocyklu (nepohyblivá část). Většina tlumičů má nastavitelnou tuhost v několika krocích, kdy se mění plocha průřezu otvoru a tím množství oleje, které proteče při zátěži. Výhodou těchto typů je snadná montáž (většina sportovních motocyklů má již v rámu připraven otvor se závitem pro případnou montáž tlumiče), velký rozsah nastavení a poměrně nízká cena. U některých motocyklů je však umístění tlumiče takové, že není možné nastavit ho za jízdy. Pokud si jezdec po jízdě, kdy měl nastavený nejvyšší útlum, zapomene tlumič povolit, může se dostat do nepříjemné situace, když se bude chtít otáčet v pomalých rychlostech apod. Toto eliminuje elektronicky řízený tlumič, kdy je na základě rychlosti motocyklu automaticky měněna velikost útlumu a jezdec se o nic nemusí starat. Dražší manuálně seřizované plynokapalinové tlumiče mají další, menší komoru, umístěnou vedle hlavního válce. Výhodou tohoto typu je, že píst může mít delší dráhu pohybu. Veškeré nastavení a přepážka oddělující stlačený plyn od oleje je v tomto zásobníku. Posledním druhem tlumiče, používaným zejména na terénních motocyklech, je

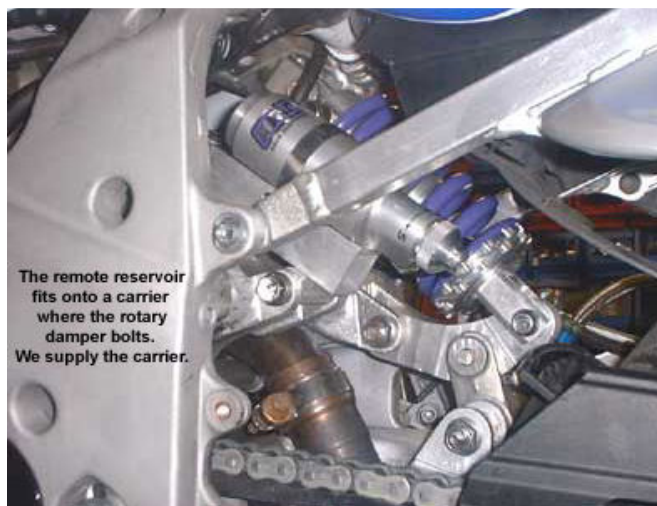


rotační tlumič řízení. Uvnitř je rotační přepážka, která se otáčí a přes otvory přepouští olej. Tento typ tlumiče je také ve většině případů nastavitelný.[51]



Obr. 2.6 Model tlumiče řízení značky Öhlins v částečném řezu[52]

Suzuki tedy po nějaké době začala modely TL1000S vybavovat tlumiči řízení a jejich doporučení bylo, že dokud nebude tlumič namontován, mají se majitelé vyhnout prudkému zrychlování na nerovném povrchu. Postupem času se objevovaly další problémy, např. s řídicími jednotkami, s chybně umístěným otvorem pro sledování hladiny oleje. V roce 1998 byla představena kapotovaná verze TL1000R. Suzuki začala s tímto modelem závodit v italském mistrovství superbiků, ale bez větších úspěchů. Výroba verze S byla ukončena v roce 2001, verze R o rok později. Motor samotný však byl použit v několika dalších motocyklech, jako např. Cagiva Raptor, Suzuki SV1000 nebo Bimota SB8R.[47]



Obr. 2.7 Nahrazení rotačního tlumiče Suzuki TL1000R konvenční jednotkou[53]

Na první pohled by se zdálo, že vytvořit sportovní motocykl s dvouválcovým motorem do V spočívá pouze ve vyvinutí samotného motoru a vše ostatní již zůstane stejné, jako u čtyřválcových motocyklů. Suzuki však udělalo několik špatných rozhodnutí. Kdyby zadní kyvné rameno připevnili k bloku motoru, zaručilo by to kompaktní rozvor a přední kolo by mělo dostatek místa. Rameno by bylo delší, což by vedlo k lepší stabilitě a vznikl by



dostatečný prostor k montáži klasického tlumiče nárazů. Kdyby Suzuki pokračovalo s vývojem a úpravami svého rotačního tlumiče dále, možná by veškeré problémy vyřešili, možná ne. Vývoj byl každopádně ukončen a samotný motor byl s úspěchem použit ve výše zmíněných motocyklech.



3 DALŠÍ NETRADIČNÍ KONCEPCE MOTOCYKLŮ

3.1 BUELL

Několik neobvyklých řešení používala u svých motocyklů americká značka Buell, která byla ve vlastnictví Harley – Davidson. Dvouválcové motory tohoto výrobce dával Buell do svých modelů, u nichž je také použit sekundární pohon ozubeným řemenem, což je opět řešení převzaté od H-D. Klasický řetěz je hlučný, špinavý a vyžaduje častou péči. Naproti tomu řemen je tichý, čistý a téměř bezúdržbový. Navíc tolik nepřenáší rázy, tudíž je šetrnější k převodovce a spojce.



Obr. 3.1 Buell XB12S[54]

Další specialitou těchto motocyklů je hliníkový páteřový rám, který slouží zároveň jako nádrž na palivo. Na místě, kde bývá obvykle u motocyklů palivová nádrž, je pouze plastový kryt, pod nímž je airbox. Ve stejném stylu jako rám je vytvořena i zadní kyvná vidlice. Ta je zase zásobníkem pro motorový olej. Buell je také jedním z mála výrobců, kteří umísťovali koncovku výfuku pod motor. Výhody i nevýhody tohoto řešení budou popsány v následující podkapitole.[55]



Obr. 3.2 Rám a kyvná vidlice motocyklu Buell XB12[56]



Se zajímavým řešením přišel Buell i v oblasti brzd. Přední brzdový kotouč není přichycen tradičně ke středu kola, ale na jeho obvodu. Na velikost přenášeného momentu při brzdění má vliv brzdná síla a délka ramene, jímž je v tomto případě poloměr brzdového kotouče. Z tohoto důvodu je možno použít brzdový kotouč s větším průměrem, aniž by se zásadně zvýšila hmotnost, jako by tomu bylo u klasického uchycení na střed kola. Velký a těžký kotouč by působil jako setrvačnický a brzdnou dráhu by prodlužoval. Brzdná síla se přenáší z pneumatiky na obvod ráfku a odtud již na kotouč. Není tedy přenášena přes loukotě směrem ke středu kola. Ty mohou být potom mnohem tenčí a lehčí, čímž se snižuje i hmotnost neodpružených hmot, která má negativní vliv na ovládání motocyklu.



Obr. 3.3 Airbox zaujímající prostor klasických palivových nádrží[57]

Dne 30. října 2009 byla společnost Harley – Davidson nucena po špatných ekonomických výsledcích uzavřít továrnu Buell a zároveň prodat svou druhou značku, kterou byla MV Agusta. Erik Buell, zakladatel stejnojmenné firmy, však o několik týdnů později založil společnost Erik Buell Racing, která se zabývá podporou závodních týmů, jež využívají poslední vyrobený model 1125R. Na počátku roku 2011 představil nový sportovní motocykl s homologací pro silniční provoz EBR 1190RS.[58]

3.2 VÝFUKOVÉ SYSTÉMY

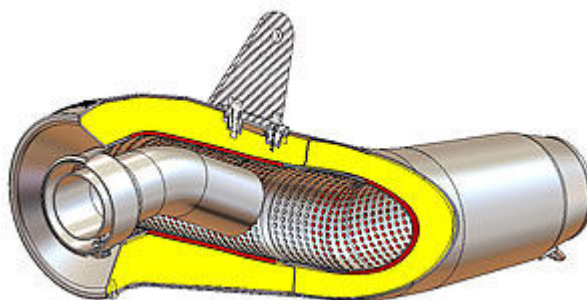
3.2.1 FUNKCE A KONSTRUKCE VÝFUKOVÝCH SYSTÉMŮ

Výfukové systémy jsou velmi důležitou částí nejen motocyklů, ale všech dopravních prostředků se spalovacími motory. Jejich tři základní funkce jsou:

- a) odvod spalín z motoru
- b) snížení hluku
- c) snížení emisí



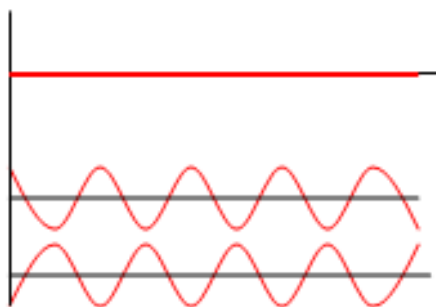
Spaliny jsou z válce přivedeny nejprve do výfukových svodů, kudy putují skrz výfukové potrubí do katalyzátoru a následně přes tlumič až do okolí. V případě, že by za výfukovým ventilem žádné svody nebyly a spaliny by odcházely do okolí přímo, nepříznivě by se změnily podmínky pro výměnu obsahu válce, protože by došlo k rozkmitání plynů ve válci. Svody totiž vytváří přetlak, který rychlost výtoku plynů omezuje. Kmity v potrubí mají mít takovou frekvenci, aby se maximálního podtlaku dosáhlo v momentě otevření výfukového ventilu a pomohl tak vyprázdnění spalovacího prostoru. Kvůli křížení ventilů se přicházející čerstvá směs nasaje až za ventil výfukový. V tuto chvíli přijde přetlaková vlna, vrátí čerstvou směs zpět do válce a ventil se zavře. Svody musí mít co nejlepší opracování vnitřního povrchu, aby vlivem tření nedocházelo ke zpomalování proudění, víření atd. Větve z jednotlivých válců lze spojovat a dosáhnout tak ideálnějšího průběhu krouticího momentu v nízkých otáčkách při částečném snížení maximálního výkonu. Spojeny jsou vždy svody z válců, ve kterých probíhají cykly v protifázi. Dále je možno také tyto potrubí spojit a bude tak opět docházet k podtlaku a zesilování efektu vyprazdňování. Spojování výfukových svodů je záležitost čistě individuální a záleží vždy na tom, čeho potřebuje konstruktér dosáhnout, např. vyšší krouticí moment v nižších otáčkách na úkor výkonové špičky.[59]



Obr. 3.4 Řez tlumičem výfuku značky Leo Vince [60]

Ještě než dojdou spaliny k tlumiči výfuku, projdou katalyzátorem, který je povinnou částí všech motocyklů určených pro provoz na pozemních komunikacích. Jeho úkolem je snížit obsah škodlivých plynů tak, aby se jich do ovzduší dostalo co nejméně. Má sice negativní vliv na proudění plynů (zejména pokud je již starší a došlo k omezení jeho funkce vlivem ucpání), ale z výše zmíněných důvodů jsou jím všechny motocykly vybaveny (kromě závodních). V trojcestném katalyzátoru dochází k následujícím procesům:[61]

- a) redukce oxidu dusného na kyslík a dusík: $2\text{NO}_x \rightarrow x\text{O}_2 + \text{N}_2$
- b) oxidace oxidu uhelnatého na oxid uhličitý: $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$
- c) oxidace nespálených uhlovodíků (HC) na oxid uhličitý a vodu: $\text{C}_x\text{H}_y + n\text{O}_2 \rightarrow x\text{CO}_2 + m\text{H}_2\text{O}$



Obr. 3.5 Destructivní interference - srážka vln s opačnými fázemi[61]



Za katalyzátorem následuje již tlumič výfuku, jehož hlavní funkcí je snižovat hluk. Je to rezonanční komora uspořádaná tak, aby vytvářela vlny s opačnými fázemi, které se navzájem srážejí a následně zanikají (destruktivní interference[61]). Na průběh výkonu motoru mají také vliv, protože omezují proudění plynů. Sportovní tlumiče jsou vytvořeny za účelem snížení tohoto odporu, ale za cenu horšího tlumení hluku. Vliv tlumičů ale není tak velký a proto je také doporučeno při úpravách motocyklů za cílem vyššího výkonu neměnit pouze tlumič, ale kompletní výfukové svody.

3.2.2 UMÍSTĚNÍ TLUMIČŮ VÝFUKU

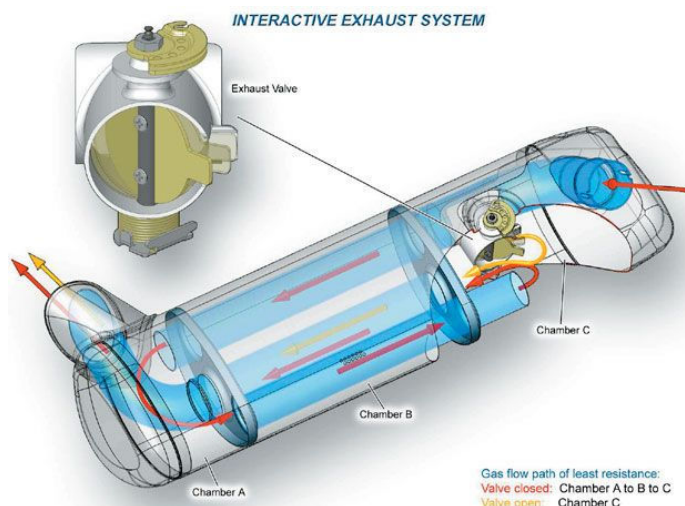
Při konstrukci výfuku se zohledňují tři hlavní roviny – technická, praktická a estetická. Každý typ umístění má své pozitivní funkční vlastnosti, ale velký vliv na použití jednotlivých koncepcí má také vzhled.

Na počátku devadesátých let dvacátého století se začaly u sportovních motocyklů používat tlumiče výfuku umístěné pod sedlem. V posledních letech se ovšem dojem exkluzivity tohoto řešení vytrácí, protože v dnešní době jsou takto umístěné tlumiče i na „nízkoorozpočtových“ motocyklech, endurech, supermotardech atd. Prvním motocyklem, který používal tyto výfuky, byla Honda NR, představená v Tokiu v roce 1989. Toto řešení však proslavila a dostala ho do povědomí veřejnosti Ducati 916 v roce 1994. Nespornou výhodou je centralizace hmoty (jsou v ose motocyklu), což má za následek lepší ovladatelnost, ale těžiště motocyklu se posunuje nahoru. Dalším plusem je nižší aerodynamický odpor, protože ve většině případů jsou svody i tlumič zakryty kapotáží motocyklu. Při lehkém pádu, kdy se například motocykl pouze klouže po asfaltu, je vyšší pravděpodobnost, že výfukové koncovky zůstanou nedotčeny. Nevýhodou by mohla být složitá cesta výfukových svodů, které musí vést pod motorem a kolem zadní pružící a tlumící jednotky nahoru až pod rám podsedlové části. Systém musí být tedy navržen tak, aby negativně neovlivňoval průběhy výkonu a krouticího momentu. Výfuky o vysoké teplotě pod úložným prostorem pod sedlem jsou poměrně nepraktické, protože zahřívají uložené věci (spreje, nápoje apod.). Mezi další nevýhody patří ztráta skladovacích prostor pod sedlem nebo jejich velké omezení. Navíc z výfukového potrubí sálá takové teplo, že by se většina uložených věcí propálila nebo roztavila. Sálající teplo těsně pod sedlem taky není zrovna nejpříjemnější pro jezdce a spolujezdce. Výfuk o vysoké teplotě vedený kolem zadního tlumiče pérování opět není nejšťastnější řešení, protože když se tlumící olej přehřeje, ztrácí své tlumící schopnosti.[62]



Obr. 3.6 Vedení výfukového systému motocyklu Ducati 1198[63]

Z důvodu nevhodného rozložení hmotnosti je jeden výfuk po straně nejhorším možným umístěním, hlavně u dvouválcového motoru. Dvouválcový motor potřebuje teoreticky dvakrát větší tlumič výfuku než čtyřválec, protože při každém otevření výfukového ventilu jde z jednoho válce ven dvojnásobné množství spalin. Například u motoru o objemu 1000 cm^3 odchází u dvouválce do tlumiče výfuku v tomto momentě dvakrát větší množství spalin než u čtyřválcového motoru (teoreticky 500 cm^3 spálené směsi oproti 250 cm^3). O něco lépe je na tom řešení s jedním tlumičem na každé straně, kdy je stejná hmotnost na levé i pravé straně motocyklu.



Obr. 3.7 Výfukový systém motocyklu Buell XB12 (tlumič umístěný pod motorem)[64]

V již méně častých případech jsou používány výfuky umístěné pod motorem a převodovkou. Používá je např. KTM, Buell nebo Ghezzi-Brian. Výhodou může být kratší vedení, centralizace hmoty a snížení těžiště. Nevýhodou však je snížení světlé výšky, což ale u silničních motocyklů není důležitý parametr.

Při pohledu na současné sportovní motocykly je možné vidět všechna výše zmíněná řešení a nelze říci, které je nejlepší a to ani podle výsledků na závodních tratích, kde by se jistě



případné značnější výhody projevily. Někteří malosérioví výrobci se chtějí nějakým způsobem odlišovat a v případě, že vyrábí například pouze silniční sportovní motocykly, mohou přistoupit u všech svých modelů třeba k výfukovým systémům umístěným pod motorem (Ghezzi-Brian). Toto by naopak nebylo možné u terénních strojů, protože by výfuky snižovaly světlou výšku. U větších cestovních motocyklů musí být zase výfuky svedeny tak, aby bylo umožněno připevnit cestovní kufry. Hlavními důvody pro použití jednotlivých koncepcí jsou tedy především praktičnost a design.



ZÁVĚR

V této práci bylo předvedeno několik netradičních koncepcí motorů i podvozků motocyklů z počátku dvacátého století až do současnosti. Zároveň bylo provedeno porovnání s jejich běžně používanými ekvivalenty. Cíl práce byl tedy splněn v plném rozsahu. Za úspěšné koncepce je možno považovat motocykl Megola s rotačním motorem, který ve své době získával úspěchy na závodních tratích. Italský výrobce motocyklů Ducati jako jediný používá k ovládání ventilů desmodromické rozvody, které díky dlouhodobému vývoji netrpí žádnými podstatnějšími nedostatky. Většímu rozšíření v motocyklovém i automobilovém průmyslu však brání vysoké výrobní náklady, což je stejný problém jako u řízení motocyklů rejdovým čepem. Ostatní zde předvedené koncepce je možno, z pohledu současného i budoucího vývoje motocyklů, považovat za neúspěšné.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] *How Stuff Works* [online]. Massive Speed: Radial Versus the Rotary Engine. [cit. 2011-05-09]. Dostupné z WWW: < <http://videos.howstuffworks.com/discovery-turbo/35116-massive-speed-radial-versus-the-rotary-engine-video.htm/>>.
- [2] *RealityPOD* [online]. Complex Stuff Explained in Simple Animations. [cit. 2011-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://realitypod.com/2010/08/complex-stuff-explained-in-simple-animations/>>.
- [3] *Dayton History Books Online* [online]. The Rotary Type. [cit. 2011-05-09]. Dostupné z WWW: < <http://www.daytonhistorybooks.com/page/page/3260691.htm/>>.
- [4] *CarlBest* [online]. Radial Engine. [cit. 2011-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.carlbest.com/weirdstuff/radial.htm/>>.
- [5] *Veterán.auto.cz* [online]. Motocykly Megola – Létání velmi nízko nad zemí. [cit. 2011-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://veteran.auto.cz/motorky/motocykly-megola-letani-velmi-nizko-nad-zemi/>>.
- [6] CATHCART, A. 1923 Megola Sport Racer. *České motocyklové noviny*. Září 2007, č 36, s. 10-11. ISSN: 1212-4427.
- [7] *Cycle Master* [online]. German Cyclemotors. [cit. 2011-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://cyclemaster.wordpress.com/page-40-german-cyclemotors-cockerell-record-cockmobil/>>.
- [8] *Cockerell* [online]. Fritz Cockerell. [cit. 2011-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.cockerell.de/>>.
- [9] RATAJSKÝ, J. Foggy Bike. *MOTOhouse*. Duben 2003, č 4, s. 60-63. ISSN: 1213-3086.
- [10] *Motorcycle USA* [online]. 2006 World Superbike – The Machines. [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.motorcycle-usa.com/23878/Motorcycle-Photo-Gallery-Photo/2006-World-Superbike---The-Machines.aspx/>>.
- [11] CATHCART, A. Konec jednoho snu. *České motocyklové noviny*. Duben 2007, č 15, s. 6-7. ISSN: 1212-4427.
- [12] *Suter Racing* [online]. Motorsport. [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.suterracing.com/en/motorsport.html/>>.
- [13] *Motorcycle News* [online]. Hoard of Foggy Petronas FP1 road bikes found in Essex. [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.motorcyclenews.com/MCN/News/newsresults/General-news/2010/February/feb1010-hoard-of-foggy-petronas-fp1s/>>.
- [14] *Honda Worldwide* [online]. We Want to Create the Best Engine. [cit. 2011-05-07]. Dostupné z WWW: <<http://world.honda.com/history/challenge/1979pistonengine/text/02.html/>>.
- [15] *On Road Zone* [online]. Honda NR750. [cit. 2011-05-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.onroadzone.com/webzine/nr750/nr750.htm/>>.
- [16] *Honda Worldwide* [online]. Will the Engine Really Rev?. [cit. 2011-05-07]. Dostupné z WWW: < <http://world.honda.com/history/challenge/1979pistonengine/text/03.html/>>.



- [17] *Honda Worldwide* [online]. The Unconventional: Adopting a „Shrimp Shell“ Frame. [cit. 2011-05-07]. Dostupné z WWW: <<http://world.honda.com/history/challenge/1979grandprix/text/07.html/>>.
- [18] *Motorrad Wagner* [online]. Honda NR750. [cit. 2011-05-07]. Dostupné z WWW: <http://www.motorrad-wagner.com/gallery_detail.php?nr=82&seite=1/>. Upraveno autorem práce
- [19] *Motorcycle Specifications* [online]. Honda NR750. [cit. 2011-05-07]. Dostupné z WWW: <http://www.motorcyclespecs.co.za/model/Honda/honda_nr750.htm/>.
- [20] *Honda Worldwide* [online]. We Want to Create the Best Engine. [cit. 2011-05-07]. Dostupné z WWW: <<http://world.honda.com/history/challenge/1979pistonengine/photo/02.html/>>.
- [21] *Motorkáři.cz* [online]. Technika motocyklu - 8. část - podvozek. [cit. 2011-05-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.motorkari.cz/clanky/jak-na-to/technika-motocyklu-8.-cast-podvozek-3456.html/>>.
- [22] *Simon Evans* [online]. Honda NR750. [cit. 2011-05-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.simonevans.co.uk/v-four/nr750.htm/>>.
- [23] JAHN, M. Na hranici fantazie. *Motocykl*. Listopad 2003, č 11, s. 26-31. ISSN: 1213-7138.
- [24] *Picasa* [online]. 1992 Honda NR750. [cit. 2011-05-07]. Dostupné z WWW: <<http://picasaweb.google.com/dscarlsbad/1992HondaNR750#5449300867683771298/>>
- [25] *Reedman Toll* [online]. The Great Rotary Engine. [cit. 2011-05-11]. Dostupné z WWW: <<http://reedmantoll.us/category/mazda-technology/>>.
- [26] *Auto iDNES* [online]. Wankelův rotační motor. Jak to vlastně funguje?. [cit. 2011-05-11]. Dostupné z WWW: <http://auto.idnes.cz/wankeluv-rotacni-motor-jak-to-vlastne-funguje-f47-/ak_aktual.aspx?c=A080401_015114_ak_aktual_vok/>.
- [27] *Der Wankelmotor* [online]. Motorräder. [cit. 2011-05-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.der-wankelmotor.de/Motoraeder/motoraeder.html/>>.
- [28] *Ridelust* [online]. Happy Birthday Felix Wankel: How Does the Rotary Engine Work, Anyway?. [cit. 2011-05-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.ridelust.com/happy-birthday-felix-how-does-the-wankel-rotary-engine-work/>>.
- [29] *AUTO CZ* [online]. Mazda Renesis: Motor roku 2003. [cit. 2011-05-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.auto.cz/mazda-renesis-motor-roku-2003-detailni-pohled-16979/>>.
- [30] *Rotary Engine Illustrated – Wankel Engine* [online]. The Rotary Engine Cycle. [cit. 2011-05-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.rotaryengineillustrated.com/how-a-wankel-rotary-engine-works/the-cycle-intake-compression-ex.html/>>. Upraveno autorem práce
- [31] *Norton Motorcycles* [online]. Racing. [cit. 2011-05-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.nortonmotorcycles.com/racing/NRV588/>>.
- [32] CATHCART, A. Wankel žije dál. *České motocyklové noviny*. Leden 2008, č 03, s. 6-7. ISSN: 1212-4427.
- [33] *RealClassic* [online]. 2007 Norton Rotary Racer. [cit. 2011-05-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.realclassic.co.uk/norton06120100.html/>>.
- [34] *Motorcycle Specifications* [online]. Norton NRV 588. [cit. 2011-05-11]. Dostupné z WWW: <http://www.motorcyclespecs.co.za/model/norton/norton_nrv588.htm/>.



- [35] *Ducati Desmo* [online]. About Fabio Taglioni. [cit. 2011-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.ducatidesmo.com/taglioni.htm/>>.
- [36] *Ducati Desmo* [online]. Wallpapers. [cit. 2011-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.ducatidesmo.com/wallpaper.htm/>>.
- [37] *Car Bibles* [online]. The Fuel Engine & Bible. [cit. 2011-05-06]. Dostupné z WWW: <http://www.carbibles.com/fuel_engine_bible_pg2.html/>. Upraveno autorem práce
- [38] *8000 Vueltas* [online]. Desmo qué? Sísí, desmodrómico. [cit. 2011-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://8000vueltas.com/2007/07/03/%C2%BFdesmo-que-sisi-desmodromico/>>.
- [39] *Inventus Engineering* [online]. Zwangssteuerungen [cit. 2011-05-06]. Dostupné z WWW: <http://www.inventus.at/projekte/Zwangssteuerungen_Technik.htm/>.
- [40] DRNOSVKÝ, P. Vidličkou, nebo hůlkami?. *Motocykl*. Březen 1998, č 3, s. 18-19.
- [41] *Bike Exif* [online]. 2008 Bimota Tesi 3D. [cit. 2011-05-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.bikeexif.com/2008-bimota-tesi-3d/>>.
- [42] CATHCART, A. Bimota už zase čaruje. *České motocyklové noviny*. Červenec 2007, č 29, s. 4-5. ISSN: 1212-4427.
- [43] *Motocykl-online* [online]. Bimota Tesi 1D 906. [cit. 2011-05-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.motocykl-online.cz/clanky/bimota-tesi-1d-906/>>.
- [44] *XKeresto Wordpress* [online]. Excuses. [cit. 2011-05-12]. Dostupné z WWW: <<http://xkeresto.wordpress.com/2007/12/09/excuses/>>.
- [45] *Tony Foale Designs* [online]. Steer for the Future. [cit. 2011-05-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.tonyfoale.com/Articles/Steer/STEER.htm/>>.
- [46] *Motorcycle USA* [online]. 2010 Bimota Tesi 3D Specifications. [cit. 2011-05-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.motorcycle-usa.com/25881/Buyers-Guide-Specifications/2010-Bimota-Tesi-3D.aspx/>>.
- [47] HARRIS, K. Šílenost jménem Suzuki TL1000S. *MOTOhouse*. Březen 2008, č 3, s. 36-39. ISSN: 1213-3086.
- [48] *The BFF Club* [online]. Suzuki TL1000S. [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.voidstar.com/bff/futuretl.html/>>.
- [49] *Maxton Suspension* [online]. TL1000S. [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.maxtonsuspension.co.uk/>>.
- [50] *Steve's TL1000 Pages* [online]. Rotary Damper Modification. [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://wotid.com/tls/content/view/40/60/>>.
- [51] *Superbiker* [online]. Tlumiče řízení, recept na nerovnost a nezbytnost pro silné bajky. [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.superbiker.cz/index.php?file=www/clanky-detail.php&clID=159/>>.
- [52] *Sport Rider* [online]. 2006 Kawasaki Zx10R Steering Damper. [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <http://www.sportrider.com/bikes/2006/146_2006_kawasaki_zx10r/photo_10.html/>.
- [53] *Maxton Suspensions* [online]. Maxton TL1000R. [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.maxtonsuspension.co.uk/files/tl1000r2.htm/>>.
- [54] *Motorbike Search Engine* [online]. Buell XB12S - 2005. [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <http://motorbike-search-engine.co.uk/2005_Bikes/Buell_xb12s.php/>.



- [55] *Motorkáři.cz* [online]. Buell Ulysses XB 12X. [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.motorkari.cz/clanky/redakcni-testy/buell/buell-ulysses-xb-12x-3587.html/>>.
- [56] *Sport Rider* [online]. 2004 Buell XB12 07. [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <http://www.sportrider.com/bikes/2004/146_04_buell_xb12_photos/photo_07.html/>. Upraveno autorem práce
- [57] *Sport Rider* [online]. Buell 1125R Fuel in Frame Layout. [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <http://www.sportrider.com/bikes/146_0711_buell_1125r/photo_13.html/>.
- [58] *Motorkáři.cz* [online]. Erik Buell se vrací na scénu. [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.motorkari.cz/clanky/moto-novinky/buell/erik-buell-se-vraci-na-scenu-14862.html/>>.
- [59] *MJauto* [online]. Motor - teorie 1/4. [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.mjauto.cz/newdocs/motor/kap1.htm#Výfukový trakt je také důležitý/>>.
- [60] *Leo Vince* [online]. The First True MotoGP-Style Exhaust System. [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <http://www.leovinceusa.com/main/news/street/GPPRO_11-12-08.php/>.
- [61] *MJauto autodíly* [online]. Funkce výfuku. [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.mjauto.cz/vyfuky.htm/>>.
- [62] MILLER, B. To nejlepší ze všeho, Schované výfuky. *MOTOhouse*. Březen 2004, č 3, s. 70. ISSN: 1213-3086.
- [63] *Sport Rider* [online]. Ducati 1198/1198S. [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <http://www.sportrider.com/bikes/146_0903_2009_ducati_1198_1198s/photo_04.html/>.
- [64] *Sport Rider* [online]. 2004 Buell XB12 06 [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <http://www.sportrider.com/bikes/2004/146_04_buell_xb12_photos/photo_06.html/>.



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Průběh spalovacího cyklu hvězdicového motoru[2]	10
Obr. 1.2 Model hvězdicového motoru[4]	11
Obr. 1.3 Motocykl Millet s rotačním motorem[5]	11
Obr. 1.4 Silniční verze motocyklu Megola [7]	12
Obr. 1.5 Motor motocyklu Megola[7]	13
Obr. 1.6 Závodní verze motocyklu Megola[8]	14
Obr. 1.7 Foggy Petronas FP1 pro Mistrovství světa Superbike[10]	15
Obr. 1.8 Motor motocyklu Foggy Petronas FP1[12]	16
Obr. 1.9 Komponenty motoru Hondy NR750[15]	17
Obr. 1.10 Nákres motoru Hondy NR750 v částečném řezu[18]	18
Obr. 1.11 Pist oválného tvaru[20]	18
Obr. 1.12 Honda NR750[22]	19
Obr. 1.13 Nákres Hondy NR750 v částečném řezu[24]	19
Obr. 1.14 Wankelův motor[25]	20
Obr. 1.15 Wankelův motor v rozloženém stavu[28]	21
Obr. 1.16 Spalovací cyklus Wankelova motoru[30]	21
Obr. 1.17 Norton NRV 588[33]	23
Obr. 1.18 Norton NRV 588 bez kapotáží[34]	24
Obr. 1.19 Variabilní délka sání Nortonu NRV 588[33]	24
Obr. 1.20 Desmodromický rozvod Ducati[36]	26
Obr. 1.21 Popis nejdůležitějších částí desmodromického rozvodu[37]	26
Obr. 1.22 Porovnání křivek zrychlení ventilů[38]	27
Obr. 2.1 Bimota Tesi 3D ve verzi s karbonovými prvky[41]	29
Obr. 2.2 Detail předního kola Bimoty Tesi 3D[44]	30
Obr. 2.3 Systém Difazio s rotujícím čepem (čep Bimoty Tesi je nehybný)[45]	31
Obr. 2.4 Zadní pružící a tlumící jednotka Suzuki TL1000S[48]	32
Obr. 2.5 Rotační tlumič s jednou hlavní a dvěma vedlejšími komorami[50]	33
Obr. 2.6 Model tlumiče řízení značky Öhlins v částečném řezu[52]	34
Obr. 2.7 Nahrazení rotačního tlumiče Suzuki TL1000R konvenční jednotkou[53]	34
Obr. 3.1 Buell XB12S[54]	36
Obr. 3.2 Rám a kyvná vidlice motocyklu Buell XB12[56]	36
Obr. 3.3 Airbox zaujímající prostor klasických palivových nádrží[57]	37
Obr. 3.4 Řez tlumičem výfuku značky Leo Vince [60]	38
Obr. 3.5 Destruktivní interference - srážka vln s opačnými fázemi[61]	38
Obr. 3.6 Vedení výfukového systému motocyklu Ducati 1198[63]	40
Obr. 3.7 Výfukový systém motocyklu Buell XB12 (tlumič umístěný pod motorem)[64]	40